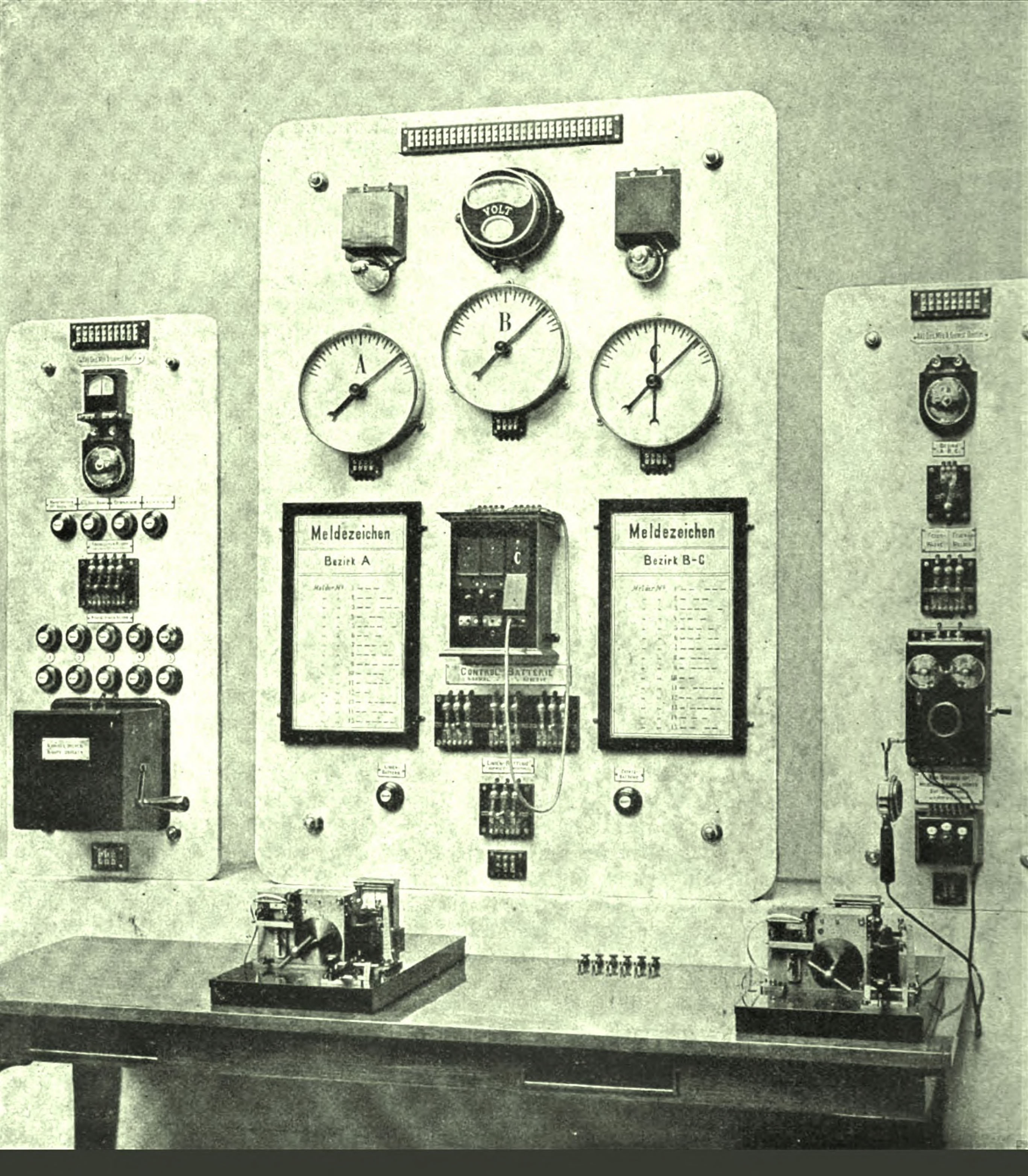


Physikalische Zeitschrift

Physikalische Zeitschrift

Unter ständiger Mitarbeit für den referierenden Teil

von

Privatdozent Dr. **M. Abraham,** Professor Dr. **L. Ambronn**, Professor Dr. **H. Boruttau**, Professor Dr. **M. Brendel,** Privatdozent Dr. **A. Coehn**, Professor Dr. **Th. Des Coudres**, Privatdozent Dr. **E. Englisch,** Privatdozent Dr. **W. Kaufmann**, Professor **E. Meyer**, Professor Dr. **L. Rhumbler**, Privatdozent Dr. **K. Schaum,** Professor Dr. **G. C. Schmidt,** Professor Dr. **E. Wiechert**, Privatdozent Dr. **E. Zermelo.**

Herausgegeben von

Dr. E. RIECKE
Professor an der Universität Göttingen.

und

Dr. H. TH. SIMON
Professor an der Universität Göttingen.

Redaktion: Professor Dr. **H. TH. SIMON** in Göttingen.

ZWEITER JAHRGANG.

1900—1901.

Leipzig,
Verlag von S. Hirzel.
1901.

Autoren- und Sachregister.

Abkürzungen: (R.) = Referat, (B.) = Besprechung, (N.) = 72. Naturforscherversammlung, (P. C.) = Pariser Kongress 1900.

C.

D.

E.

F.

G.

K.

L.

M.

N.

T.

Namensverzeichnis der „Personalien".

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 1. 6. Oktober 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Demonstrationstelegraphon.

Von Ernst Ruhmer.

Um das telegraphonische Prinzip in einfacher, übersichtlicher Weise demonstrieren zu können, wurde vom Verfasser ein Apparat konstruiert, der in seiner Bauart nicht unwesentlich von den bisherigen Band- und Drahttelephonographenkonstruktionen abweicht. Er ist als Bandapparat ausgebildet, ohne indes die den bisherigen Bandapparaten anhaftenden Mängel zu besitzen. Diese bestehen nämlich darin, dass nach erfolgter Aufnahme das beschriebene Band wieder rückwärts von einer Rolle auf die andere abgerollt werden muss, ehe man das Telephonogramm in richtiger Weise reproduzieren kann. Zwar hat man versucht diese Zwischenzeit, in der der Apparat das Gespräch rückwärts von sich giebt, nach Möglichkeit dadurch abzukürzen, dass man den Rückwärtslauf in stark beschleunigtem Tempo sich vollziehen liess; so betrug z. B. die Aufnahmegeschwindigkeit bei dem in Heft 48 dieser Zeitschrift (I, 1900) abgebildeten Bandtelephonographen der Firma Mix & Genest[1]) ungefähr 3 m pro Sekunde, während der Rücklauf mit fast doppelter Geschwindigkeit erfolgte. Allein die zum Vor- und Rückwärtslauf nötigen Umstellvorrichtungen sind ziemlich kompliziert und es kann bei ungeschickter Handhabung leicht vorkommen, dass das Band beim Anhalten oder bei der Umkehr der Rotationsrichtung der Scheiben in Unordnung gerät oder gar reisst. Aus diesem Grunde sind auch die Apparate mit einer fast momentan wirkenden kräftigen elektromagnetischen Bremse ausgerüstet, doch wird die Konstruktion dadurch noch komplizierter und jener Übelstand nicht ganz beseitigt. Bei dem zu beschreibenden Apparate, der hauptsächlich Demonstrationszwecken dienen und daher möglichst einfach und leicht und sicher zu handhaben sein soll, wurde daher von dieser Methode der Aufspeicherung des Stahlbandes nach Art der Papierstreifen beim Morseapparat abgesehen. Das endlose Band läuft hier kontinuierlich in einer und derselben Richtung und mit gleichmässiger Geschwindigkeit; der Apparat stellt somit eine Kombination des Telegraphons gewöhnlicher Konstruktion mit der des in Heft 48 abgebildeten telegraphonischen Multiplikators [Telephonzeitung][1]) dar.

1) Heft 48, Figur 2.

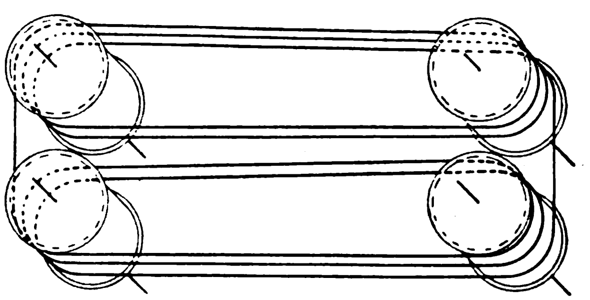


Fig. 1.

Das dünne Stahlband wird bei der neuen Konstruktion über vier dem Band entsprechend genutete Messingwalzen geführt und zwar in der in Figur 1 schematisch angedeuteten Weise.

Zunächst sind die beiden oberen Walzen mit Band bewickelt, sodann läuft das Band zu dem unteren in gleicher Weise mit dem Gesprächsträger versehenen Walzenpaar. Das Bandende ist mit dem auf dem oberen Walzenpaar befindlichen Bandanfang verlötet, so dass das Band völlig kontinuierlich ist. Die Walzen sind verstellbar montiert, so dass das Band stets straff gespannt werden kann, derart, dass beim An-

1) Heft 48, Figur 4.

trieb einer Walze sich auch die übrigen drei Walzen mitdrehen und so das Band weiter transportiert wird.

An den beiden Stellen, wo das Band vom oberen zum unteren Walzenpaar übergeht, befinden sich die Schreib- resp. Hörelektromagnete, deren Anordnung Figur 2 und 3 zeigen.

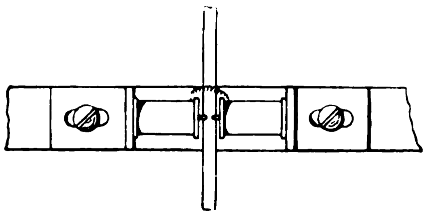


Fig. 2.

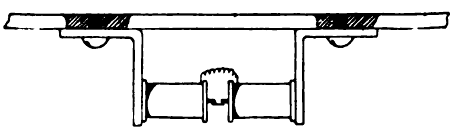


Fig. 3.

Sprech- und Hörelektromagnete sind getrennt. Der Schreibelektromagnet enthält einen 1 mm starken, ca. 20 mm langen Kern aus bestem schwedischen Eisen und trägt ca. 2000 Windungen eines 0,1 mm starken Kupferdrahtes.

Der Hörmagnet hat die nämliche Konstruktion und Grösse, nur ist bei ihm ein dünnerer Draht verwendet, da im allgemeinen Hörmagnete mit hoher Windungszahl bessere Resultate ergeben. Die Eisenkerne stehen nicht senkrecht auf dem Band wie bei den bisherigen Bandapparaten,[1]) sondern sind mit dem Band parallel, wie aus der Figur ersichtlich.

Die Entfernung der Polenden der Elektromagneten kann durch eine angebrachte Stellvorrichtung beliebig variiert werden.

Durch geeignete Bandführung (Figur 4) wird bewirkt, dass das Band die Eisenkerne stets gut berührt.

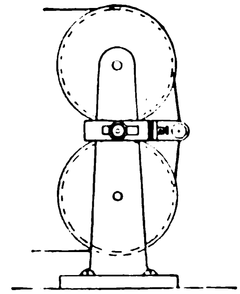


Fig. 4.

Zum Antrieb dient ein kleiner Elektromotor von ca. $^1/_{16}$ HP., welcher dem Band eine Geschwindigkeit von 3 m pro Sekunde erteilt.

Um magnetische Einwirkungen des Motors zu vermeiden, ist es ratsam, denselben in genügender Entfernung vom Apparate aufzustellen.

Figur 5 giebt eine Gesamtansicht des im Betrieb befindlichen Apparates. Links befindet sich der Schreibmagnet; derselbe steht mit der sekundären Spule eines Transformators in Verbindung, in dessen primären Stromkreis sich eines der neuen vorzüglichen, hoch empfindlichen Kohlenkorn-Mikrophone der Firma Mix &

1) Vergl. Heft 48 d. Zeitschr., Figur 1.

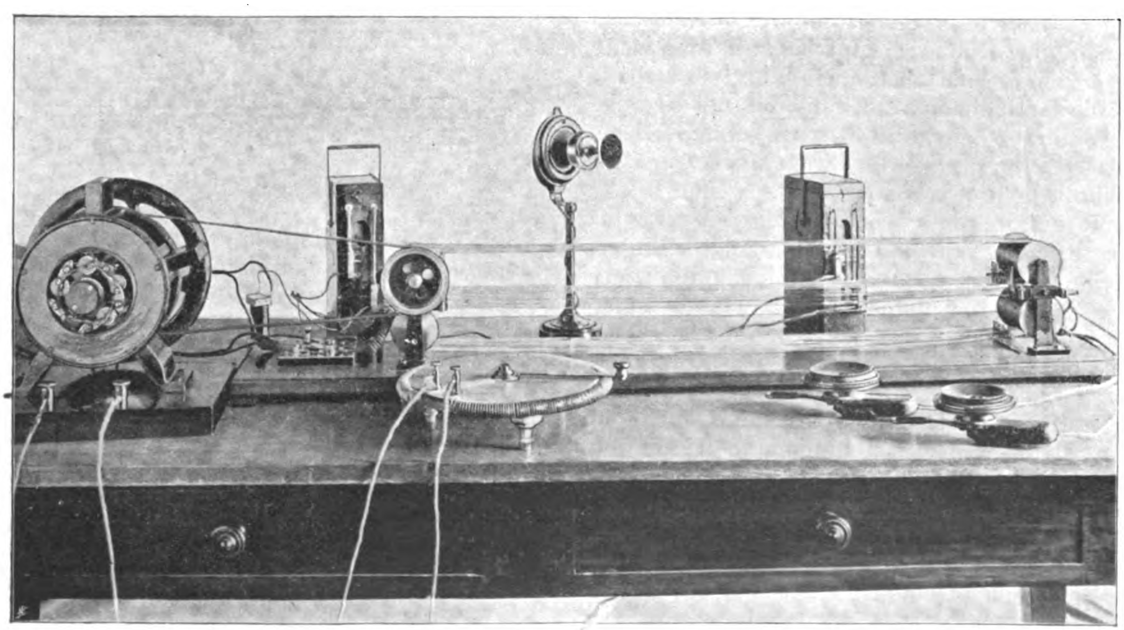


Fig. 5.

Genest, Berlin[1]) befindet. Ein Umschalter gestattet es, die Schreibmagnete von einem Gleichstrom eines Akkumulators umspülen zu lassen, um das Band von den magnetischen Eindrücken zu befreien und für ein neues Telephonogramm aufnahmefähig zu machen.

Rechts ist der Hörmagnet sichtbar, welcher mit zwei gewöhnlichen, parallel geschalteten Posttelephonen verbunden ist.

Um die Führung des Bandes zu sichern und ein Überspringen desselben zu verhüten, sind vier in der Figur sichtbare Messingkämme angebracht. Der vorliegende Apparat, welcher allen Anforderungen genügt, welche man an ihn stellen kann, besitzt eine Gesprächsdauer von ca. 2 Minuten, doch kann dieselbe durch Verbreiterung der Walzen, Vergrösserung der gegenseitigen Entfernung oder geeignete Vermehrung der Walzenpaare beliebig vergrössert werden. Auch können beliebig viel Abhörmagnete angebracht werden, so dass es gleichzeitig einer grösseren Anzahl von Personen ermöglicht wird, das Phonogramm abzuhören. Eine grössere Anzahl von Abhörmagneten würde es auch gestatten eine Stelle des Phonogramms, die nicht gleich verstanden wurde, durch geeignete Umschaltung auf den folgenden Abhörmagneten nochmals zu Gehör zu bringen, indem das in Betracht kommende Bandstück diesen zweiten Abhörmagneten etwas später passiert.

Zweckmässig ist es, den rotierenden Apparat von Mikrophon und Hörtelephonen getrennt aufzustellen, da das Nebengeräusch des Motors und des Apparates stört.

Zum Schluss sei noch auf eine artige Spielerei hingewiesen, welche sich mit dem Apparat, wie überhaupt mit jedem Telegraphon in einfachster Weise ausführen lässt.

Spricht man in den Apparat ein Palindromon z. B. das bekannte: „Ein Neger mit Gazelle zagt im Regen nie“ und hört das Phonogramm rückwärts ab, so wird man über die eigenartige Betonung der deutlichen und richtigen Wiedergabe nicht wenig erstaunt sein.

1) Vgl. diese Zeitschrift **I**, 599, 1900.

Berlin, Privat-Laboratorium, 10. Sept. 1900.

(Eingegangen 12. September 1900.)

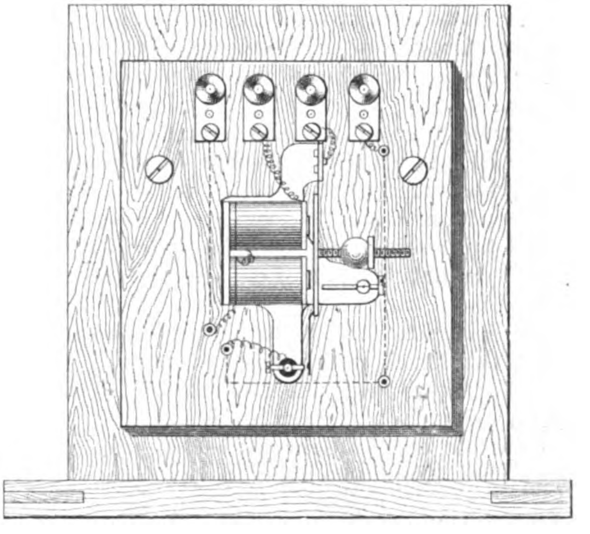
Ein einfaches Relais zu Versuchen mit elektrischen Wellen.[1])

Von W. Biegon von Czudnochowski.

Einen sehr wichtigen Bestandteil aller Anordnungen zur Anstellung der Versuche mit elektrischen Wellen nach Hertz und Marconi bildet, seit der durch letzteren in die Praxis eingeführten Anwendung des Fritters oder Kohärers, das Relais, welches bei Demonstrationen über drahtlose Telegraphie und die Hertzschen Versuche meist eine Klingel, bei praktischen Versuchen in grossem Massstabe einen Telegraphenapparat einschaltet.

Da nun die allgemein zu diesem Zwecke verwandten hochempfindlichen polarisierten Relais ausser dem hohen Preise den Nachteil umständlicher Handhabung besitzen, so habe ich versucht, ohne Zuhülfenahme eines dauernden Magnetfeldes möglichste Empfindlichkeit bei einfachster Handhabung zu erzielen, was mich zu der im folgenden zu beschreibenden einfachen Ausführungsform geführt hat.

Auf einem Eisengussstück, ähnlich einem solchen, wie es für elektrische Klingeln ver-



wandt wird, befindet sich wie bei diesen ein mit feinem Draht in vielen Windungen bewickelter zweischenkliger Elektromagnet. Das Gussstück ist an einem vertikalen Brette befestigt, so dass die Magnetschenkel wagerecht liegen, und trägt in dem Ansatz, wo sonst die Glocke befestigt ist, eine isolierte Metallsäule mit einer wagerechten, mit Platinspitze versehenen Kontaktschraube. Vor den Polen des Magneten hängt ein verhältnismässig schwerer Anker vertikal herab, der auf der dem Magneten zugewendeten Seite mit dünnem Seidenpapier beklebt ist, nach unten eine Zunge aus Neusilber mit einem Platinkontaktplättchen und nach der von dem Magneten abgewendeten Seite einen Gewindestift aus Messing trägt, auf dem sich eine massive Messingkugel verstellen lässt. Das Gusseisenstück trägt noch einen zweiten Ansatz, in dem eine Metallsäule befestigt ist, welche eine die Entfernung des Ankers von Magneten begrenzende Anschlag-

1) Siehe auch Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht **XIII**, Heft 5.

schraube trägt. Von besonderer Wichtigkeit ist die Aufhängung des Ankersystems; dieselbe besteht in einer sehr dünnen, aber verhältnismässig starren Neusilberfeder.

Bedingung für das gute Funktionieren des Apparates ist, dass die Aufhängefeder bei ganz am Anker stehender Kugel das Ankersystem nach rechts drücken muss, und dass ferner die Zunge am Anker auf die ihr gegenüberstehende Platinspitze auftrifft, ehe der Anker die Magnetpole berührt. Es muss ferner der Anker möglichst genau parallel den Magnetpolen hängen und zwar im Abstande von höchstens 1 mm. Dieser Abstand lässt sich mit Hülfe der rechts stehenden Anschlagschraube beliebig verändern. Man hat dann die Kugel so einzustellen, dass die Zunge eben noch durch die Aufhängefeder des Ankers von der isolierten Kontaktschraube wieder entfernt wird, wenn man sie mit dem Finger dagegen drückt. In diesem Falle ist der Apparat so empfindlich, dass man mit ganz kleinen Erregern — z. B. einem solchen Hertzscher Form, bestehend aus zwei geraden Cylindern von je 5 cm Länge und 1 cm Durchmesser — bis auf Entfernungen von 35—40 m bequem und durchaus sicher die Hertzschen Spiegelversuche machen kann; bei den in einem hiesigen Gymnasium angestellten Versuchen beeinträchtigten beim Arbeiten in senkrechter Richtung von unten nach oben selbst drei in Stein und Eisen ausgeführte Decken die Wirkung nicht merklich. Auch für Versuche nach Marconi ist der Apparat verwendbar.

Das Relais ist, wie umstehende Abbildung zeigt, auf einem hölzernen Stativ montiert, arbeitet sehr exakt und ist sehr leicht für grössere oder geringere Empfindlichkeit einzustellen. [1])

1) Der Apparat wird angefertigt von P. Gebhardt, Berlin, Neue Schönhauserstrasse 6.

Berlin, 23. September 1900.

(Eingegangen 24. September 1900.)

Weitere Beiträge zur Theorie der elektrischen Leitung der Gase.

Von J. Stark.

1. Konzentrationsänderung durch den elektrischen Strom.

Der elektrische Strom $\mathfrak{J}g$, der durch einen linearen Leiter (Richtung x) fliesst, lässt sich, wie dies von mir an einer früheren Stelle[1]) dieser Zeitschrift geschehen ist, in zwei Teile zerlegen, einen Strom der positiven Teilchen und einen Strom der negativen. Damit er konstant sei, muss sein $\mathfrak{J}p + \mathfrak{J}n = \mathfrak{J}g =$ konst. oder

$$\frac{\partial \mathfrak{J}p}{\partial x} + \frac{\partial \mathfrak{J}n}{\partial x} = \frac{\partial \mathfrak{J}g}{\partial x} = 0.$$

Es sind nun unter Festhaltung dieser Bedingung zwei Möglichkeiten zuzulassen; erstens können $\mathfrak{J}p$ und $\mathfrak{J}n$ verschieden gross sein; zweitens braucht nicht $\frac{\partial \mathfrak{J}p}{\partial x}$ und darum auch nicht $\frac{\partial \mathfrak{J}n}{\partial x}$ Null zu sein, wenn nur

$$\frac{\partial \mathfrak{J}p}{\partial x} + \frac{\partial \mathfrak{J}n}{\partial x} = 0 \text{ oder } \partial \mathfrak{J}p = - \partial \mathfrak{J}n \text{ ist}.$$

Nehmen wir nun an, dass in einem durchströmten Leiter $\mathfrak{J}p$ und $\mathfrak{J}n$ aus irgend einem Grunde räumlich variieren, und ziehen wir die Folgen aus dieser Annahme.

Denken wir uns die Änderung von $\mathfrak{J}p$ und $\mathfrak{J}n$ nicht stetig, sondern sprungweise in den Beträgen $\partial \mathfrak{J}p$ und $\partial \mathfrak{J}n$ sich vollziehen und betrachten wir den Querschnitt, in dem eine solche Änderung erfolgt. Vor dem Querschnitte (nach der Anode zu) sei die Stärke des positiven Stromes $\mathfrak{J}p$, hinter ihm (nach der Kathode zu) sei sie $\mathfrak{J}p - \partial \mathfrak{J}p$. Wenn also vor dem betreffenden Querschnitt $k \cdot \mathfrak{J}p$ positive Teilchen in der Zeiteinheit durch einen Querschnitt gehen, sollen hinter ihm nur $k \cdot (\mathfrak{J}p - \partial \mathfrak{J}p)$ Teilchen durchwandern. Unmittelbar an dem Querschnitt müssen darum $k \cdot \partial \mathfrak{J}p$ positive Teilchen abgeschieden werden. Einer Abnahme des positiven Stromes entspricht aber eine Zunahme des negativen; hinter dem ins Auge gefassten Querschnitt (Kathodenseite) ist die Stärke des negativen Stromes $\mathfrak{J}n + \partial \mathfrak{J}n$, vor ihm $\mathfrak{J}n$; darum muss auf der Kathodenseite des Querschnittes eine Abscheidung von $k \cdot \partial \mathfrak{J}n$ negativen Teilchen stattfinden. Da $\partial \mathfrak{J}p$ und $\partial \mathfrak{J}n$ numerisch gleich sind, so werden ebensoviele positive wie negative Teilchen abgeschieden.

Wenn also an einer Stelle in der Strombahn in der Richtung von der Anode zu der Kathode die Stärke des positiven Stromes abnimmt, so findet dort eine Abscheidung von gleichviel positiven und negativen Teilchen statt oder besser eine Ansammlung derselben, indem mehr Teilchen vom Strome zugeführt als weggeführt werden. Wie sich durch eine analoge Überlegung zeigen lässt, greift eine Verminderung der Zahl der elektrischen Teilchen an solchen Stellen Platz, wo die Stärke des positiven Stromes in der Richtung von der Anode nach der Kathode zunimmt.

Mit anderen Worten eine räumliche Variation der Stärke des positiven und des negativen Stromes bedingt eine Veränderung in der Konzentration der elektrisch wandernden Teilchen; es treten Verdünnungen und Verdichtungen auf. Doch kann im stationären Zustand die Konzen-

1) Diese Ztschr. 1, 439—441, 1900.

tration sich nicht über gewisse Grenzen verändern, da dann die Diffusion und die elektrische Wanderung der Teilchen entgegengesetzt wirkend einander das Gleichgewicht halten.

Es ist wahrscheinlich,[1]) dass in durchströmten Gasen die hier betrachtete elektrische Konzentrationsänderung in Erscheinung tritt. Und zwar ergiebt eine nähere Betrachtung, dass Verdichtungs- bezw. Verdünnungsstellen da liegen, wo das Gefälle ein relatives Maximum bezw. Minimum hat. An jenen wird darum durch den Strom eine Erhöhung der Leitfähigkeit, an diesen eine Erniedrigung herbeigeführt. Es ist möglich, dass die an jenen sich ansammelnden positiven und negativen Teilchen teilweise zu elektrisch neutralen Gebilden zusammentreten; dann wird das Gas an jenen Stellen eine grössere Dichte besitzen als an den benachbarten Verdünnungsstellen. Erinnert sei, dass die Stellen der relativen Maxima und Minima des Gefälles in der Regel auch zusammenfallen mit Stellen relativer Maxima und Minima des elektrischen Leuchtens.

2. Gefälle und Leitfähigkeit.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass nicht bloss an den Elektroden, sondern auch im Innern eines durchströmten Gases in gewissen Fällen räumliche wahre elektrische Ladungen auftreten. Diese bewirken offenbar einen eigentümlichen Verlauf des Gefälles.

Innerhalb einer Schicht wahrer Ladung ist eine Fläche vorhanden, in welcher die von der Schicht herrührende elektrische Kraft Null ist; links und rechts von dieser Nullfläche übt die Ladung Kräfte aus und zwar in entgegengesetzter Richtung. Diese Kräfte lagern sich nun auf das Gefälle, das eine äussere elektromotorische Kraft in dem Gas hervorbringt. Auf der einen Seite der Nullfläche wird dadurch dieses Gefälle vergrössert, auf der anderen verkleinert; folgen mehrere geladene Schichten auf einander, so bewirken diese, dass das Gesamtgefälle, das sich der Messung darbietet, längs der Strombahn relative Maxima und Minima annimmt.

Ich habe bereits an anderer Stelle[2]) darauf hingewiesen, dass das Auftreten der von Ladungen herrührenden Spannungsdifferenzen und elektrischen Kräfte nicht erlaubt, den zwischen zwei Querschnitten liegenden Gesamtwiderstand aus der Spannungsdifferenz zu berechnen oder die spezifische Leitfähigkeit an irgend einer Stelle umgekehrt proportional dem dort herrschenden Gefälle zu setzen. Um wenigstens angenähert Leitfähigkeiten an verschiedenen Stellen eines durchströmten Gases mit einander zu vergleichen, wendete ich die Methode der

1) Diese Ztschr. 1, 397, 1900.
2) Diese Ztschr. 1, 432, 439, 1900.

Querströme[1]) an. Die erste orientierende Untersuchung mit Hülfe dieser Methode ergab, dass im allgemeinen in den leuchtenden Räumen die Leitfähigkeit grösser ist als in den unmittelbar benachbarten dunklen. Nun ist aber das Gefälle in den leuchtenden Räumen in der Regel grösser als in den dunklen, und setzte man die Leitfähigkeit umgekehrt proportional dem Gefälle, so müsste darum gerade in den dunklen Räumen die Leitfähigkeit grösser sein als in den leuchtenden. Diese Folgerung widerspricht dem Resultat meiner Beobachtungen.

Ich betrachte meine Versuche mit der Methode der Querströme nur als vorläufige; ich beabsichtige, mit verbesserten Hülfsmitteln und einem geeigneteren Verfahren sie zu wiederholen unter gleichzeitiger Messung des Potentialgradienten. Sollten auch die neuen Versuche das gleiche Resultat ergeben, so ist jener Widerspruch zu Ungunsten der theoretischen Folgerung entschieden. Diese ist eben dann wegen des Auftretens der räumlichen Ladungen nicht erlaubt.[2])

Das Ergebnis, dass die leuchtenden Räume besser leiten als die benachbarten dunklen, stände mit dem Umstand im Einklang, dass auf Grund der oben betrachteten elektrischen Konzentrationsänderung in den leuchtenden Räumen positive und negative Teilchen sich ansammeln.

3. Elektrische Arbeit und innere Ladungen.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, dass die von einer elektrisch geladenen Schicht hervorgebrachten Kräfte auf den zwei Seiten der Nullfläche entgegengesetzte Richtung haben. Bewegt eine äussere elektromotorische Kraft elektrische Teilchen in dem Feld der Schicht, so hat sie dies in dem einen Teil desselben entgegen der elektrischen Kraft der Ladung, in dem anderen mit deren Unterstützung zu thun. In jenem Teile oder an relativen Minimis des Gefälles hat eine äussere elektromotorische Kraft gegen die Kräfte der Ladung Arbeit zu leisten, in dem anderen Teile oder an relativen Maximis des Gefälles wird aber diese Arbeit wieder zurückgewonnen, indem hier die elektrischen Kräfte der Ladungen zusammen mit der äusseren elektromotorischen Kraft kinetische Energie erzeugen. Jener Teil entspricht ungefähr einem Akkumulator, der von einem

1) Diese Ztschr. 1, 433, 1900.
2) Vor wenigen Tagen fand ich in Phil. Mag. (5) **49**, 514—516, 1900 eine Abhandlung von H. A. Wilson, die meiner hier bekundeten Absicht zuvorkommt. Wilson hat mittelst Verschiebung der Elektroden die Querleitung an verschiedenen Stellen der Entladung untersucht. Seine experimentellen Resultate decken sich völlig mit den meinigen. Er erklärt sie zwar anders, ich aber möchte in ihnen eine Stütze der oben mitgeteilten Anschauung sehen.

durchgehenden Strom geladen wird, dieser dagegen einem Akkumulator, der sich unter gleichzeitigem Durchgang eines fremden Stroms entlädt.

Durch diese Verhältnisse wird bewirkt, dass die in einem Teil eines durchströmten Gases auftretende kinetische Energie nicht als Mass des dort vorhandenen Widerstandes genommen werden kann. Wie Messungen ergeben haben, ist die in den leuchtenden Räumen entwickelte Wärme grösser als die in den benachbarten dunklen. Nach den vorstehenden Überlegungen braucht diese Thatsache nicht mit dem Umstande in Widerspruch zu stehen, dass in den leuchtenden Räumen die Leitfähigkeit grösser ist, als in den dunklen.

Göttingen, 10. September 1900.

(Eingegangen 26. September 1900.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

G. Meyer (Freiburg i. B.), Die Photographie der ultraroten Strahlen.

Spektralanalytische Untersuchungen der ultraroten Strahlen sind mit Benutzung der Photographie noch nicht häufig ausgeführt, sondern man hat sich des Bolometers, des Radiomikrometers u. s. w. bedient, anscheinend weil die Herstellung von ultrarot empfindlichen Platten nach Abney zu kompliziert ist oder auch nicht immer gelingt. Der Vortragende weist darauf hin, dass bereits vor 22 Jahren im Philosophical Magazine von Burbank ein Verfahren beschrieben wurde, welches käufliche Bromsilbergelatine-Trockenplatten durch Baden in einer Farbstofflösung für Ultrarot empfindlich macht, also die photographische Fixierung dieses Spektralgebietes ebenso leicht gestattet als etwa die Aufnahme der grünen oder gelben Strahlen. Burbank löst Cyanin, ein jodwasserstoffsaures Salz von unbekannter Konstitution, in einer wässerigen Lösung von Chloralhydrat, erwärmt auf dem Dampfbade 30—40 Minuten und scheidet durch Zusatz von Ammoniak aus der Lösung unter Entwickelung von Chloroform eine dunkelblau gefärbte Base ab. Diese wird durch Dekantieren von der Flüssigkeit getrennt und in Methylalkohol gelöst. Schliesslich wird eine Lösung von Chininsulfat in Methylalkohol hinzugefügt. Wenige Kubikcentimeter dieser dunkelblauen Lösung werden mit Ammoniak in Wasser zu einer verdünnten Lösung eingebracht, und in dieser käufliche Trockenplatten gebadet. Das Wichtige an diesem Prozess ist die Anwendung der abgeschiedenen Base, der Zusatz von Chininsulfat ist überflüssig, denn die Abscheidung der Base durch Zusatz von Kalilauge und Lösung in Methylalkohol ohne Zusatz von Chininsulfat liefert einen Sensibilisator von denselben Eigenschaften. Die Platten werden glasklar entwickelt durch einen Glycin-Standentwickler, welcher durch eingeworfene Eisstücke gekühlt wird und sind für alle Farben vom Violett an empfindlich, nur für das Grün in geringem Masse; doch bringt die Entwickelung auch dieses Gebiet in erkennbarer Weise heraus.

Bei der Photographie des ultraroten Sonnenspektrums mittelst eines Gitters muss man ein Strahlenfilter, z. B. ein Rubinglas, einschalten um das Übereinanderfallen der Spektren verschiedener Ordnungen zu verhüten. Enthält der Spektrograph Glasmassen, so wird in diesen das eindringende rote Licht diffus gemacht, und die Platte erfährt eine Nebenbelichtung. Unter diesen Umständen bringen, wie Abney gezeigt hat, die ultraroten Strahlen die Platten zum Solarisieren, indem je nach der Dauer der Exposition das negative Bild schwach wird, ein neutraler Zustand der Platte oder ein positives Bild entsteht. Vielleicht ist diese Erscheinung die Ursache mancher Misserfolge. Trennt man die ultraroten Strahlen in der von Helmholtz angegebenen Weise vermittelst zweier Prismen von den übrigen, so erhält man Negative bis etwa 920 $\mu\mu$, doch bleibt die Schwierigkeit der Photographie des bis 975 $\mu\mu$ reichenden äussersten Endes des Gitterspektrums der Sonne bestehen, da die Fähigkeit der Strahlen, Platten zu solarisieren, mit der Wellenlänge zunimmt, und auch die kurzwelligeren ultraroten Strahlen diffuses Nebenlicht bewirken. Aus diesem Grunde sind Glasteile zu vermeiden, nicht weil sie das Ultrarot absorbieren.

Stehen nur Prismenspektrographen zur Verfügung, so benutzt man die solarisierende Wirkung der ultraroten Strahlen, indem man durch ein Rubinglas photographiert, welches bis über D hinaus absorbiert. Durch die gemeinsame Wirkung des diffusen roten Lichtes und der ultraroten Strahlen entsteht ein Positiv, in welchem die von Abney gefundenen Linien des prismatischen ultraroten Sonnenspektrums erkennbar sind. Die Wirkung erstreckt sich bis über 1200 $\mu\mu$.

Die störende Wirkung des diffusen Lichtes

fällt nahezu fort, wenn es sich um die Photographie von Linienspektren handelt; man kann gute Erfolge erzielen mit Spektrographen, welche Glaslinsen enthalten. Hierüber steht eine Publikation von anderer Seite in Aussicht.

(Eingegangen 20. September 1900.)

(Selbstreferat des Vortragenden.)

G. Bredig (Leipzig), Über die fermentativen Eigenschaften des Platins und anderer Metalle.

Kein Geringerer als J. Berzelius hat zuerst auf die deutliche Analogie hingewiesen, welche die Kontaktwirkung des Platins bei der Zersetzung des Wasserstoffsuperoxydes mit der Kontaktwirkung der Fermente bei gewissen chemischen Vorgängen, zum Beispiel bei der Alkoholgährung des Zuckers hat.

Bald darauf hat dann Schönbein gezeigt, dass es sehr viele ferment- resp. enzymhaltige Stoffe giebt, welche sogar ebenfalls gerade wie das Platin die Fähigkeit haben, die gleiche Reaktion, nämlich die Zersetzung des Wasserstoffsuperoxydes zu beschleunigen oder, wie man sagt, zu „katalysieren".

Solche „Katalysen", auf deren Bedeutung nach langer Pause neuerdings wieder besonders Ostwald hingewiesen hat, d. h. solche oft enorme Beschleunigungen langsamer chemischer Vorgänge durch die Gegenwart fremder Stoffe, der „Katalysatoren", sind äusserst zahlreich und spielen in Wissenschaft und Technik, in Chemie und Biologie eine äusserst wichtige Rolle. Ich erinnere hier nur an die katalytische Wirkung der $\overset{+}{H}$-Ionen der Säuren bei der Herstellung von Zucker aus Stärke, bei der Bildung von Invertzucker aus Rohrzucker, bei der Verseifung der Ester und an die ähnliche Wirkung des Diastase-, Invertase- und Lipase-Enzymes, an die Wirkung von $\overset{+}{H}$-Ionen und von Pancreas- und Pepsin-Fermenten auf die Eiweissstoffe bei der Verdauung, an die Alkoholgärung durch die Buchnersche Zymase, an die Theorie von v. Baeyer über die Bildung von Kohlehydraten durch Reduktion der Kohlensäure zu Aldehyd bei der Pflanzenassimilation und an die gleiche Reduktion durch Palladiumwasserstoff nach Bach, an die Spaltung des ameisensauren Kalkes durch Kontakt mit gewissen Platinmetallen oder durch gewisse Bakterien, an die Kontaktverfahren zur Herstellung von Schwefelsäure (Winkler) und von Chlor (Deacon), an die Rolle des Aluminiumchlorids bei der Friedel-Craftsschen Reaktion, an die Polymerisationen, Kondensationen und Umlagerungen von Aldehyden und Ketonen, sowie geometrisch Isomeren durch Kontaktsubstanzen wie Chlorzink, SO_2, Alkalien, Jod u. s. w. Besonders zahlreich sind aber die Fälle, wo gewisse Enzymlösungen dieselbe katalytische Wirkung auf die Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds in Wasser und Sauerstoffgas haben, wie das Platin: So wirken gewisse Präparate von Pankreasferment, Emulsin, Diastase, Myrosin, Abrin, Ricin (Schönbein, Schaer u. a.), sehr viele pflanzliche und tierische Extrakte (Schönbein, Schaer, Röhmann und Spitzer, Bourquelot u. a.), gewisse Diphtherietoxine (Ruppel) und auch die wichtigste enzymhaltige Flüssigkeit, das Blut, heftig katalytisch auf das Wasserstoffsuperoxyd.

Diese Eigenschaft geht aber nach Jacobson, Kobert u. a. oft zu Grunde, z. B. durch Erhitzen, Ausfällen, gewisse Zusätze u. s. w., während gleichzeitig die anderen spezifischen Wirkungen der Enzymlösung erhalten bleiben. Daher muss man wohl die Ansicht annehmen, dass die H_2O_2-Katalyse nicht mit der speziellen peptischen, tryptischen, diastatischen oder zymotischen Enzymwirkung identisch ist, sondern ganz besonderen Formen oder Arten der Enzyme zukommt. Man kann auch annehmen, dass jene Enzyme ihre katalytische Wirkung verlieren können, infolge gewisser Zustandsänderungen, ohne die anderen fermentativen Eigenschaften einzubüssen.

Dass das H_2O_2-katalysierende Agens ein Ferment ist, geht daraus hervor, dass es ebenso wie diese ein Kolloid ist, mit Ammoniumsulfat gefällt werden kann, ferner, dass schon sehr kleine Mengen Enzym genügen, um unvergleichlich grössere Mengen von Wasserstoffsuperoxyd katalytisch zu verlegen, dass es aber seine Wirkung (Schönbein, Schaer, Jacobson, Buchner, Röhmann und Spitzer u. a.) durch oft sehr geringe Zusätze von Elektrolyten, ferner von Blausäure, Hydroxylamin u. s. w., sowie durch Erhitzen verliert.

Die anorganischen Katalysatoren, insbesondere die $\overset{+}{H}$-Ionen der Säuren und die $\overset{-}{OH}$-Ionen der Basen sind bereits nach den Grundsätzen der chemischen Kinetik (Guldberg und Waage, van't Hoff, Ostwald, Arrhenius u. a.) gründlich untersucht worden und wir sind heute imstande, die Reaktionsgeschwindigkeit zahlreicher chemischer Vorgänge in Gegenwart dieser Katalysatoren mit mathematischer Sicherheit zu beherrschen.

Auch bei den organischen Katalysatoren, den Enzymen, fehlt es nicht an Versuchen, die Geschwindigkeit ihrer Wirkungen mathematisch zu formulieren. Ich erwähne hier die vortrefflichen Arbeiten von Duclaux, Tammann, Medwedew, O'Sullivan u. a. Bei allen derartigen Arbeiten aber ist ein wesentlicher Unterschied hervorzuheben, der z. B. zwischen

der Zuckerinversion durch Säuren und durch Invertin zu machen ist. Während die Säuren in homogener gewöhnlicher Lösung sich befinden, sind meines Wissens alle Enzymlösungen als kolloidale zu betrachten.

Wie wir nun aber aus den Untersuchungen Linders und Pictons, van Bemmelens, Barus, Bredigs u. a. wissen, sind solche kolloidale Lösungen heterogene Suspensionen äusserst feiner Teilchen unter der Grösse der Lichtwellen, also zum Unterschied von den homogenen Katalysatoren, z. B. den Säurelösungen, heterogene Katalysatoren. Wir dürfen uns daher nicht wundern, wenn bei diesen heterogenen Katalysatoren, den Enzymen, ganz andere Phänomene auftreten, als bei den Katalysen durch homogene Beschleuniger wie z. B. durch gewöhnliche Säurelösungen. Auch sind bei den Enzymen als organischen Stoffen unbekannter Zusammensetzung noch mancherlei andere Kompliziertheiten möglich, sodass es erwünscht war, auch einmal anorganische Enzymmodelle kolloidaler Natur und von bekannter chemischer Zusammensetzung zu erhalten, an denen man in einfacherer Weise die betreffenden Gesetze studieren könnte.

Das Platin hat nun, wie gesagt, unter anderem die Eigenschaft mit den Enzymen gemeinsam, das Wasserstoffsuperoxyd ebenso wie Enzyme zu katalysieren, es war aber bisher nur in kompaktem Zustande, nämlich als Blech oder Mohr, angewandt worden. Um es mit den Enzymen vergleichbar zu machen, war es nötig, es ebenfalls in kolloidaler Form zu besitzen.

Es ist mir nun in der That vor einiger Zeit gelungen, nach einer sehr einfachen Methode direkt aus Platindraht und Wasser durch elektrische Kathodenzerstäubung im Lichtbogen solche kolloidale Platinlösungen in sehr reiner Form zu erhalten (Zeitschr. f. angew. Chemie 1898). Dieselben stellen filtrierbare, tief braunschwarze Flüssigkeiten mit starken katalytischen Eigenschaften dar, die in vieler Beziehung lebhaft an die Enzymlösungen erinnern, wie ich in Gemeinschaft mit den Herren Müller von Berneck, K. Ikeda und K. Ernst festgestellt habe.[1])

Vor allen Dingen auffallend ist die Kleinheit der Menge Platin, welche zur Katalyse ungeheuer viel grösserer Mengen der reagierenden Stoffe genügt. Nach einem Versuche von Herrn Ernst bewirkten 2,5 ccm meiner Platinflüssigkeit, welche nur 0,17 Milligramm Platin enthielten, bei Zimmertemperatur die Vereinigung von 10 l Knallgas in circa 2 Wochen und hatten nach dieser Leistung ihre Wirkungsgeschwindigkeit eher vermehrt als vermindert. Eine Spur Blausäure, Jod oder Schwefelwasserstoff aber lähmt diese Katalyse sehr stark. (Für H_2S hat Faraday dasselbe schon an Platinblechen beobachtet.)

1) Diese Ztschr. 1, 259, 1900.

Herr Müller von Berneck konstatierte ebenso, dass eine kolloidale Platinlösung, welche nur 1 g Platin in circa 300 Millionen Gramm Wasser enthielt, noch deutlich die Wasserstoffsuperoxydzersetzung beschleunigte. Wir mussten daher meist unsere Platinlösungen auf 10000 bis 300000 l pro 1 g-Atom Platin verdünnen, um noch messbare, nicht zu grosse Geschwindigkeiten zu haben. Das kolloidale Gold ist, wie ich mit Herrn W. Reinders feststellte, in alkalischer Lösung nahezu ebenso wirksam, wie das Platin.

Man wird hier unwillkürlich an die Wirkung geringer Mengen von Enzymen und besonders der Toxine und Schlangengifte erinnert, die ja ebenfalls in äusserst geringer Menge schon heftig wirksam sind. So wirkt z. B. nach Behring das Tetanustoxin noch in der Verdünnung von 1 : 500 Million lebenden Meerschweinchengewicht.

Sehr viele Enzyme werden ihrer kolloidalen Natur wegen durch Elektrolyte gefällt: Die gleiche Eigenschaft besitzt mein kolloidales Platin.

Wir wissen ferner besonders durch die schönen Untersuchungen von Tammann u. a., dass die Geschwindigkeit der Enzymreaktion nicht wie bei den anderen gewöhnlichen Reaktionen mit steigender Temperatur beständig steigt, sondern durch ein Maximum geht. Dieses „Temperaturoptimum" wurde bisher als ein spezifischer Unterschied der Enzyme von den gewöhnlichen anorganischen Katalysatoren betrachtet. Herr Ernst hat nun konstatieren können, dass auch für die Knallgaskatalyse durch kolloidales Platin ein solches „Temperaturoptimum" wie bei den Enzymwirkungen eintreten kann. Das kolloidale Platin und ebenso offenbar die Enzyme erleiden eben bei höherer Temperatur eine langsame Inaktivierung und so kommt wohl das Temperaturoptimum zu stande. Also auch dieser Unterschied zwischen Enzymen und gewöhnlichen anorganischen Kontaktsubstanzen ist hiermit beseitigt.

Ferner behaupten Rayman und Sulc, dass Platinmohr und andere Metalle den Rohrzucker zu invertieren vermögen, was an die Invertase erinnern würde.

Ferner besitzen (Schönbein, Schaer) die meisten Enzyme und das Blut die Eigenschaft, mit oder ohne Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd Guajactinktur zu bläuen und Aloïn zu röten. Die gleiche Eigenschaft besitzen meine kolloidalen Platinlösungen und verlieren sie genau ebenso wie die Enzyme und das Blut durch Zusatz gewisser Mengen von Blausäure oder Schwefelwasserstoff.

Besonders interessant aber sind bekanntlich die Fermente und Enzyme, welche Sauerstoff zu übertragen vermögen. In unseren Geweben, die das Blut durchströmt, kommen sie zur Geltung (Schönbein, Schmiedeberg, Röhmann und Spitzer, Bourquelot, Medwedew u. a.) und spielen wohl eine wichtige Rolle bei Verbrennung der Nahrungsstoffe im Organismus. Bekannt ist ja auch, dass die Oxydation des Alkohols zu Essigsäure sowohl durch das Ferment Mycoderma aceti wie durch Platinmohr bewirkt wird. Ja selbst die Schwefelsäurefabrikation durch die Kontaktwirkung (Winkler) des Platins erinnert an gewisse Bakterienarten, welche die Oxydation des Schwefels zu Schwefelsäure ebenfalls besorgen. Gewisse manganhaltige (Bertrand) Enzyme, die „Laccasen", beschleunigen die Oxydation des Pyrogallols durch Sauerstoff. Diese gleiche Wirkung wie die Laccase hat nach Versuchen von Herrn Ikeda auch meine Platinlösung.

Die Übertragung des Sauerstoffs aus dem Wasserstoffsuperoxyd auf Indigoschwefelsäure wird durch Blut und Enzyme ebenso beschleunigt wie durch Platinmohr (Schönbein) oder Platinlösung.

Es ist seit langem bekannt, dass Zusätze von Säuren und Salzen die Wirkung von Enzymen auch auf Wasserstoffsuperoxyd (Jacobson) oft mehr oder weniger verlangsamen. Dasselbe habe ich in Gemeinschaft mit Herrn Müller von Berneck bei der Katalyse des Wasserstoffsuperoxyds mit kolloidalem Platin konstatiert.

Eine weitere auffallende Analogie des kolloidalen Platins mit den Enzymlösungen ist die Steigerung ihrer katalytischen Wirkung auf H_2O_2 durch den Zusatz kleiner Mengen Alkalis. Aber besonders charakteristisch ist die Thatsache, dass die Katalyse sowohl bei Enzymen (Jacobson) wie bei Platinlösungen (B. und Müller von Berneck) mit steigendem Alkalizusatz nicht beständig weiter wächst, sondern schliesslich durch ein Maximum geht, sodass grössere Alkalimengen im Gegensatz zu kleinen die Katalyse sogar vermindern, anstatt sie anzuregen.

Am überraschendsten aber sind die lähmenden Wirkungen, welche von gewissen Stoffen, die als Blut- und Enzymgifte bekannt sind, auch auf die katalytischen Eigenschaften des Platins ausgeübt werden. So sind die Blausäure, das Jodcyan, der Schwefelwasserstoff, das Kohlenoxydgas, der Arsenwasserstoff, das Amylnitrit, das Hydroxylamin als starke Gifte bekannt, welche die Funktionen des Blutes lähmen. Dieselben Stoffe lähmen schon in äusserst geringer Menge auch die katalytische Wirkung des kolloidalen Platins auf das Wasserstoffsuperoxyd. Wir wollen solche Stoffe als „Platingifte" bezeichnen.

In der That weiss man schon lange, dass das Blut und viele Fermente und Enzyme (Schönbein) z. B. auch die Enzyme Abrin und Ricin (Schaer) sowie das Alkoholferment der Hefe (Buchner) durch Spuren von Blausäure ebenfalls in ihrer Wirkung auf Wasserstoffsuperoxyd und oft auch in ihrer spezifischen Wirkung (z. B. nach Buchner bei der Alkoholgärung) gehemmt werden, dass sie sich aber von dieser Lähmung erholen können und wieder aktiv werden, sobald man die Blausäure entfernt hat. Wie ich nun vor einiger Zeit (Zeitschr. f. physik. Chemie 31) mit Müller von Berneck und K. Ernst konstatiert habe, genügen, wie bei den Enzymen, auch beim kolloidalen Platin erstaunlich geringe Blausäurespuren, um seine katalytische Wirkung auf Wasserstoffsuperoxyd oder Knallgas stark zu lähmen. Herr Ikeda hat so mit mir gefunden, dass schon eine $\frac{1}{40\,000\,000}$ normale Blausäure genügt, um deutliche Lähmung der Platinkatalyse des Wasserstoffsuperoxydes erkennen zu lassen. Und wie die Enzyme, vermag auch das kolloidale Platin sich von der Blausäurelähmung wieder zu erholen und wird wieder wirksam.

Es ist wohlbekannt, dass das Blut die Fähigkeit der Sauerstoffübertragung beim Einatmen von Kohlenoxyd verliert. Schon Faraday hatte gezeigt, dass Platinbleche in Gegenwart von Kohlenoxydgas ihre katalytischen Eigenschaften auf Knallgas verlieren. Herr Ikeda hat in Gemeinschaft mit mir konstatiert, dass auch die Wirkung des kolloidalen Platins auf Wasserstoffsuperoxyd durch Kohlenoxyd ebenfalls gelähmt wird. Nach einiger Zeit aber „erholt" sich auch hier das Platin von der „Vergiftung" und wird wieder katalytisch wirksam.

Schon Schönbein und Schaer haben gezeigt, dass die Reihenfolge, in der man die Blausäure und das Wasserstoffsuperoxyd zu dem katalysierenden Blut resp. Abrinferment hinzusetzt, für die lähmende Wirkung der Blausäure wesentlich ist. Auch wir (B. und Ikeda) haben festgestellt, dass die Blausäure das Platin viel stärker lähmt, wenn sie vor dem Wasserstoffsuperoxyd als wie wenn sie nach demselben zugesetzt wird. Das gleiche gilt für die Lähmung der Platinkatalyse durch Kohlenoxyd und zwar ist hier dieser Unterschied noch viel ausgeprägter.

Auch das Jod ist nach den Versuchen von Ikeda ein heftiges „Platingift", d. h. lähmt die katalytische Wirkung des Platins auf Wasserstoffsuperoxyd schon merklich in einer Verdünnung von ungefähr $\frac{1}{10\,000\,000}$ normal J,

ebenso auch schon in einer Verdünnung von $\frac{1}{40\,000\,000}$ normal das Jodcyan, das nach Kobert auch ein heftiges Blutgift ist. Von diesen beiden Lähmungen erholt sich das Platin nicht.

Sehr auffällig ist auch die Giftigkeit des Arsenwasserstoffs, des Phosphorwasserstoffs und des Phosphors für Platin und die geringe Giftigkeit der arsenigen Säure, die ja auch von gewissen Enzymen (Zymase nach Buchner) und niederen Tieren ganz gut vertragen wird.

Auch das Quecksilberchlorid ist ein äusserst starkes Platingift, merklich weniger giftig als dieses aber wirkt auf die Platinkatalyse das Quecksilbercyanid, was offenbar, ebenso wie bei den schönen Untersuchungen von Paul und Krönig über die Giftigkeit der Quecksilbersalze gegen Milzbrandsporen, mit ihrem elektrolytischen Dissoziationsgrade zusammenhängt.

Es muss auffallen, dass gerade die Stoffe, welche wie Blausäure, salpetrige Säure, Kohlenoxyd, Schwefelwasserstoff u. s. w. sich mit Platin oder dem Blutfarbstoff zu Komplexen zu verbinden vermögen, auch die katalytischen Eigenschaften des Platin und des Blutes lähmen.

Zum Schluss gebe ich eine von mir nach Versuchen von Müller von Berneck, Ikeda und Ernst entworfene Tabelle über die lähmende Wirkung (Giftigkeit) gewisser Zusätze auf die Platinkatalyse von Wasserstoffsuperoxyd und Knallgas.

Name des Giftes:	Giftigkeitsgrad für die Platinkatalyse		Angewandte und noch merkliche Verdünnung in Litern pro *g*-Mol.
	bei Knallgas	b. Wasserstoffsuperoxyd	
1. Blausäure	++++	++++	10000—40 000 000
2. Jodcyan		++++	1 000—40 000 000
3. Jod	++++	++++	7 000—10 000 000
4. Brom	++	(+)++	8 000 - 80 000
5. Schwefelwasserstoff	++++	++++	3 000 – 10 000 000
6. Schwefelkohlenstoff	++	(+)++	
7. Natriumthiosulfat		++++	5000
8. Kohlenoxyd	+++	++++	>1000
9. Phosphor		+++	20 000
10. Phosphorwasserstoff	+++	(+)+++	3 000
11. Arsenwasserstoff		++++	
12. Arsenig. Säure		+	
13. Amylnitrit		+++	
14. Salpetrige Säure		(+)+	
15. Hydroxylaminchlorhydrat		+++	10000—25 000
16. Hydrazin		(+)	
17. Anilin		++	
18. Nitrobenzol		+	
19. Sublimat		++++	1 000 - 1 000 000
20. Quecksilbercyanid		(+)++	200
21. Pyrogallol		(+)+	100—1 000
22. Chlorsaur. Kali		0	1000

In der obigen Tabelle sind die Stoffe, welche als Blutgifte gelten, gesperrt. Die Platingiftigkeit der Stoffe, d. h. ihre lähmende Wirkung auf die *Pt*-Katalyse ist je nach dem Grade der Lähmung durch die Zahl der Kreuze bezeichnet. Dieselbe ergab sich aus quantitativen Messungen[1]) der katalytischen Reaktionsgeschwindigkeit mit und ohne Giftzusatz zum Platin. Eine Klammer um + bedeutet eine geringe Unsicherheit dieser Angabe.

Man sieht, dass die meisten starken Gifte auch die Platinkatalyse lähmen. Herr Professor Ed. Schaer-Strassburg hat auf meine Bitte auch einige vorläufige Versuche über die Lähmung der Blutkatalyse des Wasserstoffsuperoxyds beim Zusatz obiger Gifte angestellt und mit wenigen Ausnahmen auch bei der Katalyse durch Blut Übereinstimmung mit dem Verhalten obiger Gifte bei der Platinkatalyse gefunden. So beobachtete er in Uebereinstimmung mit unseren Befunden bei der Platinkatalyse, dass Jod, Schwefelwasserstoff, Amylnitrit, Salpetrige Säure, Hydroxylaminchlorhydrat und Sublimat sehr starke Lähmung auch bei der Blutkatalyse des Wasserstoffsuperoxyds erzeugen, weniger schon Quecksilbercyanid und sehr wenig arsenige Säure und Nitrobenzol. Garnicht erheblich wirkte bei der Katalyse durch Blut das chlorsaure Kali, was wider Erwarten gut mit seinem Verhalten bei der Platinkatalyse stimmt. Doch bedürfen jedenfalls die physiologischen Katalysen erst der quantitativen Durcharbeitung, wie wir sie bei der Platinkatalyse begonnen haben. Bei beiden scheint das Verhältnis zwischen der Katalysatormenge und der Giftmenge eine bestimmende Wichtigkeit für die Grösse der Lähmung zu haben.

Zum Schluss will ich mich ausdrücklich dagegen verwahren, als glaubte ich an irgend eine geheimnisvolle Identität zwischen den Metallen und den Enzymen. Aber, wenn man sich auch vor Übertreibung der allerdings überraschenden zahlreichen Analogien zu hüten hat, so muss man doch die kolloidalen Metalllösungen in vielen Beziehungen wenigstens als anorganische Modelle der organischen Enzyme betrachten. Diese Modelleigenschaft erhalten die kolloidalen Metalllösungen (und einige Superoxyde) hauptsächlich wegen der folgenden Eigenschaften:

1. wegen ihrer ausgesprochenen stark katalytischen Fähigkeiten,
2. wegen ihres kolloidalen, oft sehr labilen Zustandes, mit ungeheurer Oberflächen-

1) Diese ausführlichen Messungen werden in der Zeitschrift f. physikal. Chemie veröffentlicht werden. Vergl. ibid. 31. Bredig u. Müller von Berneck.

entwicklung, welcher oft irreversible Veränderungen erleiden kann,

3. wegen ihrer Fähigkeit, gewisse Stoffe durch chemische Komplexbildung oder durch Absorption zu binden.

Jedenfalls aber dürfte dem Physiologen durch diese Untersuchungen der Beweis erbracht sein, dass für ihn ein ausführliches Studium der Lehre von der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit und von der Katalyse auch an anorganischen Modellen nach den Methoden der modernen physikalischen Chemie unentbehrlich geworden ist.

Leipzig, Physikal.-chemisches Institut, Sept. 1900.

(Eingegangen 24. September 1900.)

(Selbstreferat des Vortragenden.)

REFERATE.

Astrophysik.

Besorgt von Professor Dr. L. Ambronn.

Die 18. Versammlung der Astronomischen Gesellschaft.

In den Tagen vom 8.—11. August hat die internationale Astronomische Gesellschaft ihre 18. Versammlung in Heidelberg abgehalten. Im Jahre 1863 wurde die Gesellschaft von einer kleinen Anzahl Astronomen (26) an demselben Orte gegründet, von denen dieses Mal den Sitzungen noch 5 beiwohnten. (Etwa 13 sind noch am Leben.) Was in diesem Jahre die Herren hauptsächlich veranlasste nach Heidelberg zu kommen, war die in den letzten Jahren daselbst auf den prächtigen Höhen des Königstuhls neu erbaute und mit allen Erfordernissen der modernen Beobachtungstechnik ausgerüstete Grossherzogliche Sternwarte. In eine der rein messenden Astronomie und eine mehr den astrophysikalischen Forschungen gewidmete Abteilung zerfallend, ist diese neue Sternwarte sowohl nach Lage als nach Ausrüstung mit Instrumenten eine der besten Europas. Nicht durch die Grösse der optischen Hülfsmittel, wohl aber durch die dem jeweiligen Zwecke besonders angepassten Instrumente ist diese Sternwarte in hohem Masse ausgezeichnet. Es verlohnte sich daher sehr wohl mit den anderweitigen Zwecken der diesjährigen Versammlung eine Besichtigung der Heidelberger Sternwarte zu verbinden.

Nach einer zwanglosen Begrüssung der Teilnehmer am Abend des 7. August wurden am 8. morgens die offiziellen Verhandlungen in der Aula der Universität eröffnet. Seitens der Grossherzogl. Regierung von Herrn Geh. Rat Arnsberger, von der Universität durch Herrn Prof. Rosenbusch und im Namen der Stadt von deren Oberbürgermeister Dr. Wilkens begrüsst und willkommen geheissen, dankte für die Versammlung der Vorsitzende Herr Prof. Seeliger und gab zugleich einen kurzen Überblick über die Thätigkeit der Gesellschaft in der Zeit ihres Bestehens im allgemeinen und der letzten 2 Jahre im speziellen. Das grosse Zonenunternehmen, d. h. die Herstellung eines genauen Katalogs der Sterne bis etwa zur 9. Grösse zwischen 80° nördl. Deklin. und dem 2.° südl. Deklin. kann als abgeschlossen angesehen werden. Auch die Erweiterung bis 23° südl. Deklin. ist in voller Ausführung begriffen. Weitere Aufgaben haben sich im Laufe der Jahre diesem Unternehmen angereiht. Im Anschluss an den Bericht über das Zonenunternehmen wurde von Dr. Schorr ein Katalog der Sterne zwischen 80° und 81° nördl. Deklin. vorgelegt, wie ihn die Beobachtungen auf der Hamburger Sternwarte ergeben haben.

Nach einigen weiteren geschäftlichen Mitteilungen, Kassenbericht u. s. w., legte Herr Prof. Valentiner den ersten Band der Publikationen der Grossherzogl. Sternwarte vor. Er enthält die Beobachtungen, welche sein Vorgänger, Prof. Schönfeld, in Mannheim über eine grosse Anzahl veränderlicher Sterne angestellt hat. Ein überaus reiches Material zum Studium der interessanten Helligkeitsschwankungen gewisser Sterne wird hier den Astronomen und Astrophysikern geboten, von dem bisher nur ein sehr kleiner Teil rechnerisch bearbeitet worden ist. Diese Schönfeldschen Beobachtungen erweisen sich von grosser Schärfe und Genauigkeit. Weiterhin machte Herr Prof. Wislicenus nähere Angaben über den von ihm unter Mitwirkung der Astronomischen Gesellschaft herausgegebenen „Astronomischen Jahresbericht"; dessen erster Band vor wenigen Wochen erschienen ist. Es wurde damit ein Unternehmen begründet, welches bestimmt ist, sowohl für den Fachmann als auch für den Liebhaber der astronomischen Wissenschaft dereinst als unentbehrliches Quellenwerk zu dienen. Die Anordnung sowie die Vollständigkeit und Objektivität des vorliegenden I. Bandes muss als vorzüglich gelungen betrachtet werden.

Herr Hofrat Weiss stattete Bericht über die von ihm in Gemeinschaft mit Herrn Prof. Kreutz in Kiel fortlaufend bearbeitete Kometenstatistik ab. Es ergab sich, dass wir gegen-

wärtig etwa 18 periodische Kometen kennen, die in mehr als einer Erscheinung beobachtet sind, also Umlaufszeiten von nicht zu langer Dauer besitzen. Von diesen werden in dem nächsten Jahre 4 zur Sonne zurückkehren, d. h. durch ihre Sonnennähe hindurch gehen und also unter günstigen Umständen zu beobachten sein. Von einem derselben ist es allerdings sehr unwahrscheinlich, dass er aufzufinden sein wird; es ist dieses der „de Vicosche“ Komet, der nachmals (1894) von Swift wieder selbständig entdeckt wurde. Die Störungen, welche dieser Komet durch Jupiter in seinem Laufe erfahren hat, sind so beträchtlich, dass er dieses Mal der Erde nicht nahe genug kommen wird. Auch der mit dem im vorigen November nur in so spärlicher Weise wiedergekehrten Leonidenschwarm in naher Beziehung stehende Tempelsche Komet ist bisher noch nicht aufgefunden worden, was eigentlich seiner berechneten Stellung nach schon der Fall sein sollte. Des weiteren machten die Herren Weiss und Kreutz darauf aufmerksam, dass noch über 80 Bahnen älterer Kometen einer Revision bedürften und baten um Übernahme solcher Rechnungen seitens der jüngeren Astronomen. Auch stehen von den fest übernommenen Bahnrechnungen noch viele aus. Eine spezielle Diskussion entspann sich über eine technische Frage der Kometenberechnung und über die Art der Publikation von Kometenbeobachtungen, die sich wesentlich darauf bezog, ob der letzteren ein festes Aequinoktium (Jahresanfang) oder das scheinbare zu Grunde zu legen sei. Die Ansichten waren aber so verschieden, dass zunächst eine Einigung nicht erzielt wurde und es vorläufig wohl bei den bequemeren scheinbaren Orten bleiben wird, sowohl bezüglich der Ephemeriden als der Beobachtungen selbst, welcher Modus auch unverkennbare Vorzüge besitzt, namentlich soweit es sich um spontane Betrachtungen und Vergleiche über den Verlauf der Kometenerscheinung handelt. Anschliessend an den Wunsch, die Berechnung der Kometen zu fördern, macht Prof. Weiss die sehr erfreuliche Mitteilung, dass ein Freund der Astronomie und Mitglied der Gesellschaft, Herr Lindemann, für solche Rechnungen ihm soeben die Verleihung von Preisen angeboten habe. Das grossherzige Anerbieten wurde mit lebhaftem Danke von den Anwesenden begrüsst. Einen längeren Vortrag hielt Herr Prof. Weiler über eine Reihe von Vereinfachungen in der von ihm schon seit langen Jahren bearbeiteten Störungstheorie. Von gewissen gemeinsamen Gesichtspunkten betreffs der Konvergenz von Reihen glaubt er wesentliche Abkürzungen bei solchen langwierigen Rechnungen einführen zu können. Daran schlossen sich die Erläuterungen, welche Herr Dr. Kostersitz aus Wien zu dem von ihm in einer kleinen Broschüre niedergelegten Vorschlägen gab, betreffs der Einrichtung einer Sternwarte auf dem Schneeberg bei Wien. Unterstützt von wohldurchdachten Entwürfen für den Bau eines grossen, besonders auch für astrophysikalische Beobachtungen ausgerüsteten Observatoriums legte Dr. Kostersitz seine Absichten dar, die sowohl von Prof. Weiss als auch von dem Vorsitzenden der Gesellschaft warm befürwortet wurden. Die ausserordentliche Reinheit der Luft lässt den Schneeberg für ein solches Höhenobservatorium besonders geeignet erscheinen, zumal auch nach den beigebrachten Gutachten und amtlichen Äusserungen der Niederösterreichische Landesausschuss einem solchen Plane wohlwollend gesinnt zu sein scheint. Es wurde noch von der Versammlung gewünscht, dass auf dem zu gründenden Observatorium auch fremden Gelehrten Gelegenheit gegeben werden solle, dort Spezialarbeiten von längerer Dauer durchzuführen, ähnlich wie das an der zoologischen Station in Neapel der Fall ist. Es steht zu hoffen, dass der Plan seiner Verwirklichung bald näher kommen dürfte.

Prof. M. Wolf teilt die Beschlüsse der Pariser Astronomenkonferenz bezüglich der Beobachtung des Planeten Eros mit, der Ende dieses und im Anfang des kommenden Jahres der Erde sehr nahe kommt und dann eine sehr günstige Gelegenheit bieten wird, die Entfernung der Erde von der Sonne, d. h. die Sonnenparallaxe mit ziemlicher Sicherheit zu bestimmen. Diese Entfernung bildet bekanntlich die wichtigste Längeneinheit bei einem grossen Teile astronomischer Massangaben. Sowohl mit Hülfe der Photographie als auch durch die mikrometrische Messmethode hofft man auf Grund gemeinsamer planmässiger Arbeit einer Reihe von Sternwarten gute Resultate zu erzielen. Daran schloss sich ein Vortrag des früheren Direktors der Brüsseler Sternwarte, Prof. Folie, über die neuen Ergebnisse seiner Untersuchungen betreffs täglicher Schwankungen der Erdaxe um eine mittlere Lage. Die durch die Beobachtungen noch nicht erwiesene Oscillation von etwa $0''.001$ versucht Folie durch theoretische Betrachtungen als bestehend nachzuweisen.

Eine sehr interessante Mitteilung machte Dr. Schwarzschild (München) über die Frage, ob es erlaubt sei, den Raum, d. h. das Fixsternsystem, als geradlinig anzusehen, oder ob man denselben event. als gekrümmt zu betrachten habe. In letzterem Falle würden z. B. unsere bisherigen Bestimmungen von Sternparallaxen nicht mehr zutreffend sein, da es dann event. nicht gestattet sei, aus der Messung

zweier Winkel in einem Dreieck ohne Weiteres auf die Grösse des dritten zu schliessen. Ausgehend von den Helmholtzschen Ideen über die Raumverhältnisse, weist er nach, dass, falls die Annahme eines pseudosphärischen Raumes gestattet sei, diesem ein Krümmungsradius von mindestens 4 Millionen Erdbahnradien gegeben werden müsse, während für den sphärischen Raum 100 Millionen Erdbahnradien als Mindestmass für den Krümmungsradius gelten müssten. Diese sehr interessanten mathematisch-philosophischen Spekulationen erweckten allgemeine Aufmerksamkeit, da dieselben eng zusammenhängen mit den neuen Bestrebungen der Mathematik, rein logische Schlussgebäude auf Grund ganz bestimmt formulierter und möglichst beschränkter Axiome aufzubauen.

Über besondere Beobachtungsmodalitäten polnaher Sterne zum Zwecke sehr genauer Breitenbestimmungen (Polschwankungen) machen die Herren Ebert (Paris) und Ristenpart (Kiel) Mitteilung und Letzterer spricht noch über ein in seinen Grundzügen von dem russischen Astronomen Döllen angegebenen Verfahren, absolute Zeitbestimmungen auszuführen, welches in den letzten Jahren in Kiel durch Prof. Harzer besonders ausgearbeitet worden ist. Prof. Förster (Berlin) giebt zu dem von ihm früher in dem Berl. astron. Jahrb. für 1880 und 1882 publizierten Verfahren absolute Deklinationen und scharfe Polhöhen zu bestimmen noch einige Verbesserungen an. Darauf machen die Proff. Klein und Brendel (Göttingen) über den Fortgang der Herausgabe von Gauss' Werken Mitteilung und ersterer bringt zur Kenntnis der Versammlung, dass die Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften auch einen Band über angewandte Mathematik und darin auch Kapitel über die rein mathematischen Disziplinen der Astronomie bringen soll. Eine Kommission zur Festsetzung des speziellen Arbeitsplanes und zur Auswahl der Mitarbeiter wurde von Prof. Klein gebildet, der Prof. Seeliger, Bruns und Lehmann-Filhès angehören werden. Prof. Weiss (Wien) legt die ersten Bogen eines auf der Wiener Sternwarte bearbeiteten Sternkatalogs vor, welcher Sterne geringerer Helligkeit in den Zodiakalgegenden enthalten wird. Eine heliometrische Vermessung des Sternhaufens χ Persei wurde von Prof. Schur (Göttingen) vorgelegt. Prof. Charlier (Lund) giebt einen Überblick über seine in letzter Zeit ausgeführten Arbeiten auf dem Gebiete der Störungsrechnungen für die kleinen Planeten. Vom Referenten wurden einige Proben der neuen Legierung von Aluminium und Magnesium, des „Magnaliums" vorgelegt und daran Bemerkungen geknüpft über die Verwendung dieses sehr leichten und gut bearbeitbaren Metalls in der optischen und mechanischen Präzisionstechnik.

Von den Herren Witt (Berlin) und Pauly (Jena) wurden noch Mitteilungen über die Erfahrungen mit Fernrohren, welche nach dem Schupmannschen[1]) Typus gebaut sind, gemacht. Wenn auch die erzielten Resultate zunächst noch nicht zur weiteren Einführung zu ermuntern scheinen, so dürfte doch nach Beseitigung gewisser, in der schwierigen Zentrierung zu suchender, Mängel dieser Verbindung des Refraktor- mit dem Reflektorprinzip in mancher Hinsicht Bedeutung beizumessen sein.

Als nächster Versammlungsort wurde auf Vorschlag des Herrn Prof. Oudemans (Utrecht) Göttingen gewählt, da nur eine Einladung von Turin vorlag, welcher aus mehrfachen Gründen nicht stattgegeben werden konnte.

Die wissenschaftlichen und geschäftlichen Beratungen der versammelten Astronomen fanden angenehme Unterbrechungen durch sowohl seitens der Grossherzogl. Regierung als auch seitens der Stadt Heidelberg veranstaltete Ehrungen. So war der 10. August einer Einladung nach Baden-Baden zu einem Festbankett und der Sonnabend einer Neckarfahrt mit daran anschliessender Schlossbeleuchtung gewidmet, während an den anderen Tagen Konzert im Schlossrestaurant zu zwanglosem Verkehr der Astronomen einlud. Jedem Teilnehmer der diesjährigen Astronomenversammlung werden die herrlichen Tage, welche er in Heidelberg verbracht, in steter angenehmer Erinnerung bleiben.

L. A.

1) Die Medial-Fernrohre von L. Schupmann, Leipzig 1900.

(Eingegangen 14. September 1900.)

BESPRECHUNGEN.

F. Klein und E. Riecke, Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen. Nebst Erläuterung der bezüglichen Göttinger Universitätseinrichtungen. (Vorträge, gehalten in Göttingen, Ostern 1900, bei Gelegenheit des Ferienkurses für Oberlehrer der Mathematik und Physik). Leipzig, B. G. Teubner. 1900. 252 Seiten. Preis geb. 6 M.

1. An der Universität Göttigen wurde Ostern 1900 ein Ferienkurs für Oberlehrer der Mathematik und Physik abgehalten. Nun sind Ferienkurse an Universitäten nichts seltenes mehr.

Wenn gleichwohl die Vorträge in jenem Ferienkurs in ihrer Mehrzahl schriftlich festgehalten und gesammelt unter dem vorstehenden Titel veröffentlicht worden sind, so darf man erwarten, dass er von besonderer Art war und die Aufmerksamkeit weiterer Kreise verdient. Dem ist auch in der That so; man kann ruhig behaupten, dass jener Ferienkurs und der Bericht darüber Bedeutung in der Geschichte der Universitäten erlangen werden; ja es wäre für diese sehr bedauerlich, wenn sich diese Vorhersage nicht erfüllen sollte.

Für die Universitäten erhebt sich in der Gegenwart die wichtige Frage, ob es nicht geraten, ja notwendig für sie sei, dass an ihnen die angewandte Mathematik und Physik mehr als bisher, vor allem auch durch die Einrichtung entsprechender Institute, gepflegt werde. Diese Frage ist mit einem entschiedenen Ja zu beantworten.

Die Universität Göttingen ist nun nicht bloss in der Erkenntnis jener Notwendigkeit vorangegangen; an ihr ist auch dank der Initiative des Herrn F. Klein durch das Zusammenwirken hervorragender Gelehrten und Gönner der Wissenschaft unter der verständnisvollen Förderung von Seiten des Ministeriums jene Erkenntnis in die That umgesetzt worden.

Freilich hat dies dankenswerte Vorgehen noch nicht die Nachfolge gefunden, die im Interesse der Universitäten wünschenswert ist. Eine Ursache davon liegt in dem Umstand begründet, dass man nicht genau über den Sinn und die Art unterrichtet ist, wie an der Göttinger Universität „die Annäherung an die Technik" oder der Unterrichtsbetrieb in der angewandten Mathematik und Physik erstrebt und bethätigt wird. Diesem Mangel wenigstens zum Teil abzuhelfen, ist nun die von den Herren Klein und Riecke herausgegebene Sammlung von Vorträgen und Aufsätzen geeignet.

Doch ist wohl zu beachten, dass diese Sammlung in ihren einzelnen Teilen nicht unter dem Einfluss einer Tendenz steht, sie ist nur insofern Tendenzschrift, als sie zur Beurteilung der obigen für die Universitäten so wichtigen Bestrebungen historisches und aktuelles Material beibringt.

Indess über der eben gekennzeichneten Bedeutung der Sammlung sei nicht vergessen der Wert, der ihr in einer anderen Hinsicht beizumessen ist. Selbst wer sich für die eben besprochenen Bestrebungen nicht interessiert, aber sich durch anregende leicht verständliche Aufsätze über eine Reihe von Zweigen der angewandten Mathematik und Physik orientieren will, wird mit Gewinn und auch mit Genuss in der von den Herren Klein und Riecke herausgegebenen Schrift lesen.

Sie gliedert sich in zwei Teile. Der erste umfasst Vorträge, die von den Herren Riecke, Klein, Schilling, Wiechert, Bohlmann, Meyer, Des Coudres an der Universität Göttingen in dem Ferienkurs Ostern 1900 gehalten wurden und zwar speziell diejenigen, welche in das Gebiet der angewandten Mathematik und Physik gehören. Der zweite Teil stellt einen Wiederabdruck von Aufsätzen dar, die von Herrn Klein über die oben gekennzeichneten Bestrebungen früher veröffentlicht worden sind.

2. Die Reihe der Vorträge wird von Herrn Riecke eröffnet mit einem Überblick über die Geschichte des physikalischen Instituts und physikalischen Unterrichts an der Universität Göttingen. Die Bedeutung, welches dieses Institut für die Wissenschaft erlangt hat, lässt es wohl gerechtfertigt erscheinen, wenn hier über den Vortrag des Herrn Riecke ausführlicher berichtet wird.

Von 1735—1831 wirkten an der Göttinger Universität folgende Männer als Lehrer der Physik: J. A. Segner, der Erfinder des Reaktionswasserrades; Kästner, bekannter durch seine Epigramme als durch seine wissenschaftlichen Leistungen; Meister, ein Vertreter der praktischen Anwendung der Physik; der Philosoph Hollmann; der verdiente Astronom T. Mayer; Erxleben; der als Entdecker der nach ihm benannten Lichtenbergschen Figuren und als Satiriker bekannte Lichtenberg, und endlich der jüngere T. Mayer.

„Im ganzen ist diese Periode nicht charakterisiert durch die Tiefe der wissenschaftlichen Ideen, sondern durch das Bestreben nach Ausdehnung in die Breite und einer Erweiterung des Lehrbereichs der Universität."

Eine ganz neue Epoche bricht mit der durch Gauss veranlassten Berufung W. Webers an. „Er (Weber) wollte sich nicht darauf beschränken, die bekannten Erscheinungen im Kleinen nachzuahmen, um die Neugier zu befriedigen. Die Hauptsache waren ihm Einrichtungen zum gründlichen Studium und zu neuer Erforschung der Naturerscheinungen. Das physikalische Kabinet hörte mit ihm auf, ein blosser Demonstrationsapparat zu sein, es trat ein in die Reihe der grossen wissenschaftlichen Institute." Die Zeit Webers unterscheidet sich neben der wissenschaftlichen Vertiefung in noch einem Punkte von der vorausgehenden Epoche. In dieser wurden neben der Physik und im Anschluss an diese Vorlesungen und Demonstrationen über die praktische Anwendung derselben abgehalten, so über Feldmesskunde, Architektur und die damaligen Anfänge der Technik. Gegen Anfang der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts hörten indes die Universitäten auf, sich für die praktische Anwendung der Mathematik und Physik zu interessieren. „Der Grund hierfür liegt wohl zu-

nächst darin, dass die an den Universitäten getroffenen Einrichtungen den wachsenden Bedürfnissen der Praxis doch nicht genügen konnten." Noch andere Gründe erklären diese Entwicklung. „Wir bemerken, dass überall auf die Periode der allgemeinen Aufklärung und der Richtung auf das Nützliche eine Zeit wissenschaftlicher Vertiefung und der Abkehr von praktischer Anwendung folgte. Auf dem besonderen Gebiete der Physik aber kam noch hinzu, dass das 19. Jahrhundert besonders in seinem ersten Drittel Entdeckungen von grösster Bedeutung und tiefster Wirkung brachte, wie sie in solcher Fülle ohne Beispiel in unserer Wissenschaft sind. Notwendig wurde dadurch der Blick der Physiker von den Anwendungen weg auf die Erforschung der Erscheinungen selbst gewendet, und alle Hände hatten vollauf zu thun, die neu erschlossenen Schätze zu heben."

Hiermit endigen die historischen Ausführungen Herrn Rieckes; wir aber sind versucht, die gegenwärtigen Verhältnisse mit den vergangenen in Beziehung zu bringen. Wo stehen wir, wo steht speziell die philosophische Fakultät der Göttinger Universität gegenwärtig in der Entwicklung? Nun was Göttingen anbetrifft, so haben dort die Nachfolger Gauss', und Webers deren Erbe, den streng wissenschaftlichen Geist, die wissenschaftliche Forschung, treu gewahrt und, um es zu besitzen, haben sie auch weiter gestrebt; sie haben einen für die Universität wünschenswerten Zusammenhang der Mathematik und Physik mit ihren Anwendungen wieder hergestellt.

Die Bestrebungen in dieser Richtung kommen in folgenden Worten Herrn Rieckes zum Ausdruck. „Die reine Forschung wird immer die erste Aufgabe der philosophischen Fakultäten bleiben, aber die Physik der Universitäten darf darum doch den Zusammenhang mit den Anwendungen nicht verlieren. Einmal aus pädagogischem Grunde; der künftige Lehrer der Physik und Mathematik muss eine gewisse Weite des Blicks, ein gewisses Verständnis für die Aufgaben und Leistungen der Technik besitzen, wenn sein Unterricht anregend und fördernd wirken soll; auch der Chemiker, der Landwirt, der Verwaltungsbeamte kann einer gewissen Einsicht in die technischen Anwendungen der Mathematik nicht mehr entbehren. Die Fühlung mit der Technik zu erhalten, liegt aber auch im eigenen Interesse der physikalischen Forschung. Gewinnt sie doch die mannigfaltigsten Anregungen durch die Untersuchungen der Technik, benutzt sie doch mit grösstem Nutzen die ihr von der Technik gelieferten Hilfsmittel."

Die Bethätigung dieses Strebens drückt sich aus in der Organisation des physikalischen Instituts der Göttinger Universität. Dieses besteht aus vier von einander unabhängigen Abteilungen und zwar je einer für Experimental-, für theoretische, für technische, für Geophysik. Der Abteilung für Experimentalphysik sind die Einrichtungen beigegeben, welche für den elektrotechnischen Unterricht getroffen worden sind.

3. An die Ausführungen Herrn Rieckes reiht sich ein Vortrag von Herrn Klein „Allgemeines über angewandte Mathematik." Es seien aus ihm folgende Hauptgedanken herausgegriffen.

Zum Zweck einer gedeihlichen Wirkung des mathematischen Unterrichts an den Mittelschulen müssen wir „die mathematische Fähigkeit nicht isoliert ausbilden, sondern in lebendiger Verbindung mit Raumanschauung, Naturauffassung und praktischer Bethätigung." An den höheren Fachschulen hat der mathematische Unterricht noch mehr zu leisten, er hat hier „den Schülern spezifische Kenntnisse im Gebiet der angewandten Mathematik zu überliefern."

In unserer Zeit vollzieht sich auf dem Gebiete des Unterrichtswesens eine wichtige Verschiebung: den Bedürfnissen der Gegenwart entsprechend vermehren sich die realistischen Anstalten und Fachschulen auf Kosten der humanistischen Anstalten oder wenigstens schneller als diese.

Aus alledem „folgt, dass eine entsprechende Vorbildung zahlreicher Lehramtskandidaten z. Z. eine Angelegenheit von der allergrössten Wichtigkeit ist."

„Welche Stellung sollen nun die Universitäten der geschilderten Sachlage gegenüber einnehmen? Eine gewisse Mitwirkung der technischen Hochschulen bei der Ausbildung der mathematischen Lehramtskandidaten wie der späteren Dozenten ist ja wohl nicht von der Hand zu weisen. . . . Aber auf der anderen Seite darf wohl daran festgehalten werden, dass die Ausbildung der Lehrer in der Hauptsache den Universitäten verbleiben sollte. . . Die Universitäten sollten also ihren ganzen Einfluss einsetzen, um in ihrem eigenen Bereiche Unterrichtseinrichtungen zu schaffen, welche den neuen Anforderungen der Lehrerbildung gerecht werden."

Nach einem Blick auf die hochragende Gestalt von Gauss, in dessen wissenschaftlicher Thätigkeit reine und angewandte Mathematik in vollem Gleichgewicht stehen, geht Herr Klein zu dem zweiten Teil seiner Darlegungen über, zu einer kurzen Besprechung des mathematischen Unterrichtsbetriebes an der Universität Göttingen. Er unterscheidet zwischen den leitenden Grundsätzen und den praktischen Einrichtungen. Abgesehen von einem ausführlichen Studienplan für Studierende der Mathematik und Physik seien die folgenden Einrichtungen genannt: das mathematische Lese- und Arbeitszimmer mit einer sehr reichhaltigen und vielseitigen Hand-

bibliothek; die Sammlung mathematischer Instrumente und Modelle; die Zeichenräume für die graphischen Übungen in darstellender Geometrie und technischer Mathematik; die Sammlung geodätischer Instrumente; das Versicherungsseminar.

Mit einem kurzen Hinweis auf den idealen Wert, den die wissenschaftliche Beschäftigung mit einem Zweige der angewandten Mathematik oder Physik auch für den Lehrer an der Mittelschule erlangen kann, schliesst Herr Klein seine ebenso wichtigen wie interessanten Darlegungen.

4. Es folgt nun eine ganze Reihe von Vorträgen über Zweige der angewandten Mathematik und Physik. Es ist hier unmöglich, genauer auf sie einzugehen; es soll nur kurz ihr Inhalt angedeutet werden.

F. Klein, Über technische Mechanik. In zwei Vorträgen werden die Aufgaben und Methoden der technischen Mechanik gekennzeichnet. Der erste giebt eine allgemeine Exposition. Über die Bedeutung der technischen Mechanik enthält er folgenden Satz. „Es ergiebt sich, dass die technische Mechanik kein abgelegenes Spezialgebiet ist, sondern dass eine gewisse Kenntnis derselben für jeden notwendig ist, der sich eine abgerundete mathematisch-physikalische Bildung erwerben will.“

Der zweite Vortrag enthält spezielle Nachweise, einmal aus der Mechanik der Punkte und starren Körper: Kinematik, Statik, kinetische Probleme der Maschinentechnik, Ballistik; sodann aus der Mechanik der deformierbaren Körper: Hydrodynamik (Hydraulik, Schiffsbewegung, Aërodynamik), Elastizität und Festigkeit.

F. Schilling, Über darstellende Geometrie. Es wird die Bedeutung der darstellenden Geometrie dargelegt; dann werden die Einrichtungen beschrieben, die an der Göttinger Universität für den Unterricht in der darstellenden Geometrie getroffen worden sind.

E. Wiechert, Einführung in die Geodäsie. Es wird die Theorie und Praxis der Geodäsie gegeben; der Vortrag ist sehr inhaltsreich, er stellt ein kleines Lehrbuch der Geodäsie dar.

G. Bohlmann, Über Versicherungsmathematik. In vier Vorlesungen wird dieser so wichtige und doch noch so wenig bekannte Zweig der angewandten Mathematik ausführlich entwickelt.

E. Meyer, Über Wärmekraftmaschinen. Die Überschriften der einzelnen Teile dieses Vortrags sind folgende: 1. Einleitung, 2. Kreisprozess der mit gesättigtem Dampf arbeitenden Dampfmaschine und die für ihn massgebenden Grenzen, 3. Arbeitsverluste in der Dampfmaschine, 4. Die mehrstufige Expansion, 5. Die Anwendung überhitzten Dampfes, 6. Schlussbetrachtungen.

Th. Des Coudres, Über Elektrotechnik. Dieser Vortrag giebt auf kleinem Raum einen Überblick über die Elektrotechnik und berücksichtigt dabei gleichmässig die theoretische und praktische Seite; selbst ganz bekannte Dinge wie das Ohmsche Gesetz, werden in neuer eigenartiger Weise behandelt. Die Überschriften der einzelnen Abschnitte sind folgende: 1. Das magnetische Feld, 2. Das Ohmsche Gesetz, 3. Dynamocharakteristiken, 4. Das Temperaturgleichgewicht der Maschinen, 5. Wirtschaftlicher Querschnitt und rentable Spannung, 6. Wechselstrom, 7. Die Göttinger Centrale.

Jeder der genannten Vorträge ist klar, übersichtlich, anziehend und lehrreich. Jedem ist auch in dankenswerter Weise eine kurze Charakteristik der Bücher beigegeben, in denen das betreffende Gebiet mehr oder weniger ausführlich behandelt ist.

5. Der zweite Teil der Sammlung enthält, wie bereits gesagt, mehrere schon früher veröffentlichte Vorträge und Aufsätze des Herrn Klein. Sie beziehen sich sämtlich auf die Bestrebungen, der angewandten Mathematik und Physik mehr Berücksichtigung an der Universität als bisher zu verschaffen. Sie besitzen, obwohl schon vor einigen Jahren veröffentlicht, einen durchaus aktuellen Wert. Man muss es begrüssen, dass sie gesammelt wieder abgedruckt wurden, und kann nur wünschen, sie möchten einmal des Interesses wegen, das sie an sich bieten, sodann vor allem der grossen Wichtigkeit der Sache wegen, die sie vertreten, gelesen und beherzigt werden.

Auf dem hier gegebenen beschränkten Raum können nur die Überschriften mitgeteilt werden.

1. Über den Plan eines physikalisch-technischen Instituts an der Universität Göttingen. Vortrag gehalten am 6. Dezember 1895 im Hannoverschen Bezirksverein deutscher Ingenieure.

2. Die Anforderungen der Ingenieure und der mathematischen Lehramtskandidaten. Vortrag gehalten im Hannoverschen mathematischen Verein am 20. April 1896.

3. Universität und technische Hochschule. Vortrag, gehalten in der ersten allgemeinen Sitzung der 70. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf am 19. Sept. 1898.

4. Über die Einrichtungen für Elektrotechnik und allgemeine technische Physik an der Universität Göttingen (aus der Physikalischen Zeitschrift, Dezember 1899.) J. Stark.

(Eingegangen 31. Juli 1900.)

Berichtigungen.

In dem Referate über den Vortrag des Herrn L. Grunmach, Experimentelle Bestimmung von Kapillaritätskonstanten kondensierter Gase, I, Heft 52, ist Seite 613, 1. Spalte, Zeile 3 von o. Dichte anstatt Dicke, Zeile 5 $\frac{2\pi}{\lambda}\frac{\alpha}{\sigma}$ anstatt $\frac{2\pi}{\lambda}\frac{a}{\sigma}$; 2. Spalte, Zeile 4 von u. könne anstatt können; Seite 614, 2. Spalte, Zeile 2 von o. -70^0 C. anstatt -70 Proz., Zeile 18 Fuess anstatt Fuchs, Zeile 21 schwankte in der Regel anstatt schwankten der Regel, Zeile 26 a^2_{-25} anstatt $a_{-25}{}^2$; Zeile 51 α_{-33} anstatt α_{33}; Seite 615, 1. Spalte, Zeile 14 v. o. Pyridin anstatt Piridin; 2. Spalte, Zeile 11 von o. *M* anstatt *Me*, Zeile 35 dieselbe anstatt dieselben; Seite 616, 2. Spalte, Zeile 7 von o. von 5 zu 5 anstatt von 52,5.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 2. | 13. Oktober 1900. | 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über das Zustandekommen der unipolaren Entladung an glühenden Körpern.

Von J. Stark.

1. Bewegte negative oder positive Teilchen (Kathoden- oder Kanalstrahlen) machen ein von ihnen durchwandertes Gas leitend, d.h. erzeugen in ihm positive und negative Teilchen, Ionen. Welches auch die Ursachen dieser Erscheinung seien, ihre Thatsächlichkeit ist von verschiedenen Seiten nachgewiesen worden.

Die ionisierende Wirkung der bewegten negativen Teilchen ist grösser als die der positiven; dies mag damit zusammenhängen, dass die Geschwindigkeit der negativen Ionen bedeutend grösser ist als die der positiven. Eine Folge davon ist, dass das Zustandekommen und das Verhalten einer Entladung durch ein verdünntes Gas von den Verhältnissen an der Kathode oder besser von den Ionen abhängt, die von der Kathode herkommen.

Von mehreren Forschern ist bereits darauf hingewiesen worden, dass die von der Kathode wegfliegenden Teilchen, indem sie in deren Nähe das Gas leitend machen, die Stromleitung beeinflussen müssen. Diese Auffassung ist auf sämtliche elektrisch wandernde Teilchen und auf die ganze Strombahn auszudehnen. Wir haben uns also vorzustellen, dass in jedem Teile der Strombahn durch die wandernden Ionen aus elektrisch neutralen Teilchen neue Ionen geschaffen werden; ähnlich wie in einem Kohlenfaden durch Erwärmung, verbessert sich ein Strom durch die ionisierende Wirkung seiner Ionen die Leitfähigkeit des von ihm durchflossenen Gases.

Im stationären Zustand muss in dem einzelnen Volumenelement des durchströmten Gases die Zahl der in der Zeiteinheit neu auftretenden Ionen (Neubildung aus neutralen Teilchen, Zufuhr durch die Strömung die Diffussion) gleich sein der Zahl der verschwindenden Ionen (Wiedervereinigung zu neutralen Teilchen, Abfuhr durch die Strömung die Diffussion), ähnlich wie in einem durchströmten Kohlenfaden die Temperatur und damit die Leitfähigkeit nur solange wachsen kann, bis die durch Leitung und Strahlung abgegebene Wärmemenge gleich ist der durch die elektrische Arbeit neu gewonnenen.

Indes nicht bloss im stationären Zustand spielt die ionisierende Wirkung der elektrisch bewegten Teilchen eine Rolle, sie ist auch an der Herbeiführung dieses Zustandes, nämlich an der Schaffung der in diesem vorhandenen Leitfähigkeit des Gases beteiligt. Denn vorausgesetzt, dass die elektrischen Kräfte in einem Gase einige Ionen vorfinden, so werden sie diese in Bewegung setzen; diese werden dann auf ihrer Wanderung wieder neue Ionen schaffen, und auf diese Weise wird die Zahl der Ionen zunehmen bis zum Eintritt des stationären Zustandes.

J. J. Thomson[1]) geht in einer jüngst veröffentlichten Arbeit soweit, das Eintreten einer Entladung überhaupt auf die eben gekennzeichnete Wirkung zurückzuführen und eine unmittelbare Ionisation eines Gases durch die Stärke des elektrischen Feldes auszuschliessen.

Im Folgenden soll die ionisierende Wirkung elektrisch bewegter Teilchen zur Erklärung der unipolaren Entladung an glühenden Körpern angewendet werden.

1) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) **50**, 278, 1900.

2. Es ist bekannt, dass glühende Körper in Gasen ein eigentümliches Verhalten zeigen.[1]) Je nach Umständen elektrisieren sie sich in Berührung mit einem Gas positiv oder negativ, während dieses selbst die entgegengesetzte Ladung annimmt. Diese Elektrisierung bewirkt Unipolaritäten in der Zerstreuung einer Ladung, die dem Körper zugeführt oder auf einem zweiten Leiter in das elektrisierte Gas gebracht wird. Nicht dieses unipolare elektrische Verhalten glühender Körper sei hier betrachtet, sondern folgendes.

Steigert man die Spannung eines geladenen Körpers von gewöhnlicher Temperatur über einen gewissen Punkt, so tritt unter Durchbrechung des umgebenden Gases eine plötzliche Entladung ein, oder mit anderen Worten, das Gas nimmt in sehr kurzer Zeit Leitfähigkeit an, so dass der Körper seine Ladung sehr rasch durch Gas von sich stossen kann. Wenn nun die Temperatur des Körpers bis zur Hellrotglut erhöht wird, so sinkt der Wert der Entladespannung und zwar sowohl für positive wie negative Ladung, aber für diese weit mehr als für jene. Diese tiefere Herabsetzung der Entladespannung für die negative Elektrizität ist es, was hier unter unipolarer Entladung verstanden sein soll.

Die unipolare Entladung an glühenden Körpern scheint sich in folgender Weise zu erklären.

An der Oberfläche des glühenden Körpers werden im Gas positive und negative Ionen geschaffen, zum Teil infolge der hohen Temperatur, zum Teil durch das an einer weissglühenden Oberfläche intensive ultraviolette Licht. Wirkt auf diese Ionen die elektrische Kraft einer Ladung des Körpers, so werden sie von dem glühenden Körper weg in das Gas getrieben und erzeugen oder vermehren dann nach den obigen Darlegungen auf ihrer Wanderung die Ionisation des Gases. Sind es nun die negativen Ionen, welche von der elektrischen Kraft von der Oberfläche des Körpers weg in das Gas getrieben werden, so wird dessen Ionisation dank der grösseren Wirksamkeit der negativen Teilchen grösser, als wenn positive Ionen in der gleichen Richtung sich bewegen. Wenn darum der glühende Körper negativ geladen ist, so tritt auf diese Weise eine starke Ionisation des Gases ein und schon bei niedriger Spannung eine Entladung. Bei positiver Elektrisierung stellt sich die für eine plötzliche Entladung notwendige Ionisation erst dann ein, wenn die in das Gas hineinwandernden, in diesem Fall positiven Ionen durch eine höhere Spannung eine grössere Geschwindigkeit erlangen.

1) Siehe Litt. J. Stark, Wied. Ann. 68, 919, 1899.

Es liegt auf der Hand, dass der Grund der Unipolarität der Entladung an glühenden Körpern nicht in einer unipolaren Herabsetzung der dielektrischen Festigkeit des Gases liegen kann. Dass für das Zustandekommen der Entladung der negativen Elektrizität in dem hier betrachteten Falle nicht eine Ionisation durch die Stärke des Feldes in Betracht kommen kann, sondern die Bewegung der negativen Teilchen das Entscheidende ist, zeigt insbesondere folgender Versuch.

In einer Glühlampe sei dem hellrotglühenden Kohlenfaden ein Metallstift gegenüber gestellt; dieser und der Faden seien durch eine Batterie von etwa 100 Volt elektromotorischer Kraft und ein Galvanometer verbunden. Ist dann der Faden positiv, so ist der nach dem Stift übergehende Strom schwach; er ist dagegen stark, wenn der Faden negativ ist. Wird im letzten Falle dem Faden vor seinem Erglühen von aussen eine negative Ladung von ungefähr 5000 Volt Spannung genähert, so geht nach dem Erglühen des Fadens überhaupt kein Strom zwischen Stift und Faden über. Dann verhindert nämlich die genäherte negative Ladung, dass von dem Faden negative Ionen in das Gas wandern, und obwohl die Stärke des Feldes, in dem sich jetzt das Gas befindet, grösser ist als zuvor, erfolgt doch keine Ionisation und darum keine Entladung. Sobald aber die äussere negative Ladung, welche die Bewegung der negativen Ionen hemmt, entfernt wird, tritt augenblicklich ein relativ starker Strom zwischen Stift und Faden auf.

Göttingen, September 1900.

(Eingegangen 26. September 1900.)

Einfluss der Magnetisierung auf die Torsion.

Von K. Schreber.

Unter demselben Titel veröffentlicht in einer früheren Nummer dieser Zeitschrift Herr James Stevens[1]) Versuche, welche er an drei Stäben angestellt hat.

Nun ist schon seit den Beobachtungen G. Wiedemanns bekannt, dass die Beziehungen zwischen Torsion und Magnetismus nicht so einfach sind, dass man aus wenigen Beobachtungen sichere Schlüsse ziehen könnte. Ich möchte mir deshalb erlauben, die Aufmerksamkeit auf eine Dissertation zu lenken, welche dasselbe Problem behandelt und trotz ihres um-

1) Diese Zeitschrift I, 594, 1900. Die Originalarbeit steht mir nicht zur Verfügung.

fangreichen Zahlenmaterials wenig beachtet worden zu sein scheint.

Im September 1894 veröffentlichte Herr Grösser[1]) „Beiträge zu den durch Magnetismus hervorgerufenen Torsionserscheinungen“, in welchen er im wesentlichen die eine Gruppe der Wiedemannschen Versuche nach anderer Methode wiederholte.

Um mechanische Einwirkungen auf den zu untersuchenden Draht zu vermeiden, wurde derselbe in der Axe eines vertikalen Solenoides frei aufgehängt. Ein Teil des unten anhängenden spannenden Gewichtes war ein Magnetstab, mittelst dessen der Draht durch einen zweiten Magneten vom Beobachtungsplatz aus in Torsionsschwingungen versetzt werden konnte. Herr G. beobachtete die Mittellagen von je 4 Schwingungen, sowohl wenn das Solenoid stromfrei als auch wenn es vom Strom durchflossen war.

Bei der ersten Serie von Versuchen blieb die Richtung des Stromes stets dieselbe, während bei der zweiten Serie der Strom jedesmal erst umgekehrt wurde, ehe seine Intensität gesteigert wurde; jedesmal aber wurde zwischen 2 Beobachtungen mit Strom eine ohne Strom vorgenommen, sodass also bei dieser Serie für jede Stromstärke sich die folgenden beiden Schemata ergeben, die stets durchgeführt wurden:

4 Schwingungen mit + Strom, 4 Schwingungen ohne Strom, 4 Schwingungen mit — Strom, 4 Schwingungen ohne Strom oder

4 Schwingungen mit —, 4 Schwingungen ohne, 4 Schwingungen mit +, 4 Schwingungen ohne Strom.

Aus dem umfangreichen Beobachtungsmaterial habe ich die nachfolgende Tabelle herausgezogen, welche nur Versuche der zweiten Serie umfasst. In dieser Serie sind von jeder Drahtsorte 4 Stücke untersucht worden, nur mit einer Stahlsorte musste Herr G. eine Ausnahme machen: geglüht und ungeglüht; Richtung der Kraftlinien der ersten Magnetisierung vom befestigten zum freien Ende des Drahtes und umgekehrt.

Es bezeichne

E einen Eisen-, *St* einen Stahldraht.

g, dass der Draht ausgeglüht sei.

T die maximale permanente Torsion.

t die der Stärke *J* des Feldes entsprechende temporäre Torsion, wenn *J* so gross ist, dass die maximale permanente Torsion schon erreicht ist.

N bezw. *S* bei temporärer Torsion, dass die gerade wirkende, bei permanenter Torsion dass die zuletzt wirksam gewesene Magnetisierung die Richtung hat, dass das untere Ende des Solenoides einen Nordpol bezw. einen Südpol aufweist.

1) Grösser: Rostocker Inauguraldissertation 1894.

Die Richtung der permanenten Torsion ist als + bezeichnet, wenn für ein vom festen nach dem beweglichen Ende des Drahtes schauendes Auge sich dieses letztere Ende im Sinne des Uhrzeigers bewegt. Die Richtung der temporären Torsion ist als + bezeichnet, wenn für ein in der Richtung der Kraftlinien schauendes Auge sich der Draht im Sinne der Uhrzeigerbewegung drillt.

	d	*J*		*t*	*T*		*t*	*T*
E. g.	0,42	950	*N*	+15	+10	*S*	+15	+10
		870	*S*	+ 8	+ 6	*N*	+12	+ 7
	0,52	920	*N*	+0,4	+14	*S*	—0,6	+14
		1050	*S*	+29	+. 1	*N*	+31	+ 2
	0,60	950	*N*	+16	+ 3	*S*	+20	+ 3
		1000	*S*	+13	—11	*N*	+ 6	—11
St. g.	0,42	810	*N*	+32	+10	*S*	+36	+26
		900	*S*	+43	+19	*N*	+43	+17
	0,54	1000	*N*	+16	+28	*S*	+ 8	+23
		1000	*S*	+39	+17	*N*	+42	+28
	0,60	1000	*N*	+22	+10	*S*	+21	+ 7
		1100	*S*	+15	+ 3	*N*	+32	— 2
E	0,42	880	*N*	+ 9	+ 0	*S*	+ 8	— 1
		960	*S*	+29	— 4	*N*	+28	— 3
	0,52	960	*N*	+ 8	+ 6	*S*	+ 8	+ 6
		950	*S*	+ 8	+ 9	*N*	+ 7	+10
	0,60	900	*N*	+ 6	+28	*S*	+ 8	+28
		1000	*S*	+12	+ 7	*N*	+12	+ 7
St	0,45	700	*N*	+ 7	—10	*S*	+ 7	—13
		880	*S*	+10	—19	*N*	+ 9	— 18
	0,54	950	*N*	+17	+18	*S*	+11	+14
		1000	*S*	+ 4	+22	*N*	+ 9	+19
	0,60	1000	*N*	+ 8	+ 9	*S*	+ 8	+ 6
		1000	*S*	+25	+ 8	*N*	+23	+10

Aus dieser Tabelle ergiebt sich:

1. dass unter dem Einfluss des Magnetismus jeder torsionsfreie Draht eine ganz bestimmte permanente Torsion annimmt, welche, wie besonders leicht aus den Kurven des Herrn G. zu erkennen ist, mit wachsender Feldstärke einem Maximum zustrebt.

2. Die Richtung dieser permanenten Torsion erscheint als unabhängig von der Richtung der Magnetisierung, sie wechselt sogar mehrfach für denselben Draht ihr Zeichen bei wachsender Feldstärke. Für die Bestätigung dieses Satzes ist auch auf die von mir hier nicht angeführten Versuche der ersten Serie hinzuweisen. Die sorgfältigen und langwierigen Bemühungen des Herrn G., allen Drähten eine möglichst gleiche „Vorgeschichte“ zu geben, sind in der Dissertation ausführlich beschrieben.

3. Die permanente Torsion hat bei den Eisendrähten die gleiche Grösse, mag unmittelbar vorher eine + oder — Magnetisierung stattgefunden haben; bei Stahldrähten dagegen unterscheiden sich beide Torsionen in ihrer Grösse, ohne dass sich aber eine Beziehung

des Vorzeichens dieser Differenz zum Vorzeichen der Magnetisierung erkennen liesse.

4. Die permanente Torsion ist im Durchschnitt bei Stahldrähten grösser als bei Eisendrähten.

5. Neben der permanenten Torsion erleidet jeder Draht noch eine von der gerade stattfindenden Magnetisierung abhängige temporäre Drillung, welche, sobald die permanente ihr Maximum erreicht hat, mit wachsender Feldstärke wächst, aber selbst für Drähte derselben Sorte in verschiedenem Masse.

6. Das Vorzeichen dieser temporären Torsion ist von derselben Grenze an stets positiv d. h. für ein in der Richtung der Kraftlinien schauendes Auge findet stets Drillung im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers statt. Wird also ein tordierter Eisendraht einer so gerichteten Magnetisierung unterworfen, dass für ein mit den Kraftlinien schauendes Auge die vorhandene Torsion positiv ist, so wird diese durch die Magnetisierung vermehrt d. h. die Torsionselastizität nimmt ab, bei entgegengesetzter Magnetisierung oder Drillung nimmt sie zu.

In den sämtlichen Versuchen des Herrn G. findet sich nur eine einzige Ausnahme von diesem Satz (in der Tabelle hervorgehoben). Bei diesem Drahte sind aber die temporären Drillungen so gering, dass in der Zeichnung alle 4 Kurven nahezu zusammenfallen; auch giebt gerade dieser Draht, wenn mit entgegengesetzt gerichteter Magnetisierung begonnen wird, auffallend hohe Drillungen.

7. Bei geringen Feldstärken ist dieser Satz ebenfalls Regel, doch sind da die Ausnahmen zahlreicher. (Eingegangen 27. September 1900.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Untersuchungen über verflüssigte Gase und tiefe Temperaturen.

Von B. Dessau.

Die Erzeugung tiefer Temperaturen und das Studium der physikalischen Vorgänge bei diesen Temperaturen erforderte bis vor einigen Jahren eine Reihe komplizierter und kostspieliger Einrichtungen, welche nur wenigen wissenschaftlichen Instituten zur Verfügung standen. Das Lindesche Luftverflüssigungsverfahren hat hierin Wandel geschaffen; die Zahl der Institute, welche eine Lindesche Maschine besitzen und mit ihrer Hilfe das Studium der tiefen Temperaturen betreiben, ist denn auch bereits eine stattliche; und wenn auch die tiefsten bislang überhaupt zugänglichen Grade der Temperaturskala nicht unmittelbar mit Hilfe der flüssigen Luft, sondern nur durch Verdampfung von flüssigem Wasserstoff unter vermindertem Druck erreicht werden können und darum vorerst noch das Privileg weniger, mit ausserordentlichen Hilfsmitteln arbeitender Forscher bleiben müssen, so bieten doch bereits die Temperaturen, zu welchen man direkt mit Hilfe der flüssigen Luft gelangen kann, der Forschung ein reiches Feld dar, auf welchem sich eine lebhafte Thätigkeit entfaltet. Der von dieser Seite ausgegangenen Anregung ist es vielleicht auch zuzuschreiben, dass die durch Verdichtung der leichter koerziblen Gase entstehenden Flüssigkeiten neuerdings wieder mehrfach Gegenstand des Studiums gewesen sind. Eine Übersicht des in der einen wie der anderen Richtung in den letzten Jahren angesammelten Materials dürfte daher als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen von Nutzen sein.

Der Vollständigkeit halber sei zunächst des Lindeschen Verfahrens selbst gedacht. Dasselbe beruht, wie bekannt, auf der von Thomson und Joule[1]) nachgewiesenen Temperaturerniedrigung, welche bei der Entspannung eines nicht vollkommenen Gases als Äquivalent der gegen die Anziehung zwischen den Molekülen geleisteten inneren Arbeit auftritt, und welche darum auch dann nicht fehlt, wenn diese Entspannung nicht mit äusserer Arbeit verknüpft ist. Bei den Versuchen von Thomson und Joule strömte das Gas in stationärem Zustande durch ein Rohrsystem, in welchem seine Bewegung durch einen porösen Pfropfen gehindert war; es fand sich dann, wenn p_1 den Druck vor dem Pfropfen, p_2 denjenigen hinter dem Pfropfen bezeichnet, dass die Temperatur hinter demselben um einen Betrag gesunken war, der sich durch die Formel

$$\delta T = \alpha (p_1 - p_2)\left(\frac{273}{T}\right)^2$$

darstellen liess, in welcher α eine Konstante bezeichnet. Der Wert derselben ergab sich für Luft = 0,276, für Kohlensäure = 1,39.

Lindes Anordnung weicht von der beschriebenen nur insofern ab, als an Stelle des porösen Pfropfens ein Drosselventil tritt, durch welches die stark komprimierte Luft aus einer

1) Phil. Trans. 1854 und 1862.

Rohrleitung in einen weiteren Behälter gelangt. Die hierbei unmittelbar stattfindende Temperaturerniedrigung ist zwar zunächst nur geringfügig; Linde steigert dieselbe aber dadurch, dass er die abgekühlte Luft durch eine zweite, die erste als Kühler umgebende Rohrleitung in entgegengesetzter Richtung, wie die neu ankommende komprimierte Luft zurückströmen lässt, wodurch ein Austausch der Temperaturen stattfindet. Die entspannte Luft erlangt auf diese Weise ihre Anfangstemperatur wieder; sie wird dann abermals komprimiert und beginnt den Kreislauf von neuem, während die Temperatur bereits vor dem Drosselventil beständig sinkt und somit, nach obiger Formel, die Temperaturerniedrigung beim Durchtritt durch das Ventil einen immer stärkeren Betrag annimmt, bis schliesslich der Punkt erreicht ist, bei welchem die Verflüssigung der Luft beginnt; von diesem Augenblicke an muss der Kompressor beständig neue Luftmengen von aussen zuführen.

Für die praktische Handhabung des Verfahrens kommt in Betracht, dass die Temperaturerniedrigung nach der obigen Formel durch die Differenz zwischen dem Anfangs- und dem Enddruck, die nach jeder Entspannung neu zu leistende Kompressionsarbeit dagegen durch das Verhältnis beider Drucke bestimmt ist. Es empfiehlt sich deshalb, um ein möglichst kleines Verhältnis der Drucke zu bekommen, mit hohen Drucken zu arbeiten. Linde wählt als Anfangsdruck 200, als Enddruck 16 Atmosphären.

An die Veröffentlichung des Lindeschen Verfahrens knüpfte sich seinerzeit ein Prioritätsstreit mit Dewar und Hampson. Wir erwähnen denselben lediglich um der Feststellung der Thatsache willen, dass die erste bewusste Anwendung des Thomson-Joule-Effekts zur Erzielung tiefer Temperaturen jedenfalls Linde zum Urheber hat. Zwar hatte schon 1857 W. Siemens den Vorschlag gemacht, durch Kombination einer Kaltluftmaschine mit einem Wärmeaustauscher, welcher die komprimierte Luft abkühlt, einen gesteigerten Effekt zu erzielen; und 1885 hatte Solvay auf Grund des Siemensschen Vorschlags einen Apparat zur Erreichung der äussersten Temperaturen konstruiert. Hier war aber immer nur von Abkühlung durch äussere Arbeitsleistung die Rede; und es ist klar, dass sich auf diesem Wege, wenn die Luft wirklich ein vollkommenes Gas wäre, die Abkühlung also ausschliesslich das Äquivalent äusserer Arbeit darstellte, keine sehr tiefen Temperaturen erreichen lassen würden, da ja nach der Formel

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}}$$

das Verhältnis der Anfangs- und Endtemperatur in allen Phasen des Prozesses das gleiche bleibt, die Differenz zwischen beiden, das heisst also die Temperaturerniedrigung in den aufeinanderfolgenden Phasen, somit beständig geringer wird und schliesslich durch die unvermeidlichen Kälteverluste aufgewogen werden muss. Nach Solvays eigenen Erfahrungen tritt dies bei — 95° ein; eine Luftverflüssigung ist also auf diesem Wege nicht möglich.

Über die industriellen Aussichten seines Verfahrens hat sich Linde selbst[1]) sehr wenig zuversichtlich ausgesprochen; und in der That überzeugt man sich leicht, dass in den meisten Fällen die flüssige Luft weder als Kälte- noch als Kraftaufspeicherungsmittel mit den bisher für diese Zwecke benutzten Mitteln erfolgreich konkurrieren kann. Bessere Aussichten hat ihre Verwendung zur Sauerstoffgewinnung. Da nämlich unter Atmosphärendruck der Sauerstoff bei ca. — 182°, der Stickstoff bereits bei ca. — 194° siedet, so muss aus flüssiger atmosphärischer Luft, welche frei verdampfen kann, zunächst vorzugsweise der Stickstoff entweichen, der zurückbleibende flüssige Anteil muss also beständig reicher an Sauerstoff werden; und ebenso muss bei teilweiser Verflüssigung eines Quantums atmosphärischer Luft vorzugsweise der Sauerstoff in den flüssigen Zustand übergehen. Zum Zwecke der Verwertung dieser Thatsache hat Linde seinen Apparat dahin abgeändert, dass die Trennung der beiden Gase zum Teil schon während der Verflüssigung, zum Teil durch partielle Wiederverdampfung der entstandenen Flüssigkeit bewirkt wird; das entweichende Gas ist nahezu reiner Stickstoff und als Flüssigkeit erhält man ein sauerstoffreiches Gemenge, welches zum Zwecke des Transports und der industriellen Verwendung aus dem flüssigen Zustand wieder in denjenigen des komprimierten Gases übergeführt wird, wobei seine Verdunstungskälte für die Verflüssigung neuer Quantitäten mitverwertet wird.

Über die Zusammensetzung der flüssigen Luft und ihres Dampfes bei fortschreitender Verdampfung macht Ewing[2]) folgende Angaben:

Proz. noch nicht verdampfter Flüssigkeit	Proz. Sauerstoff in der Flüssigkeit	Proz. Sauerstoff in dem daraus entwickelten Dampfe	Proz. des noch in der Flüssigkeit vorhandenen ursprünglichen Sauerstoffs
100	23,1	7,5	100
50	37,5	15	18
30	50	23	65
20	60	24	52
15	67,5	42	43
10	77	52	33
5	88	70	19

1) vgl. diese Ztschr. I, 173, 1899.
2) Proc. Soc. of Arts, 20. März 1898.

Für wissenschaftliche Zwecke kommt die flüssige Luft, wie bereits gesagt, hauptsächlich als Mittel zur Erzeugung und Erhaltung tiefer Temperaturen in Betracht und es ist daher von Wichtigkeit, da die Zusammensetzung des Gemisches sich im Laufe der Verdampfung ändert, die Siedetemperaturen für die verschiedenen Zusammensetzungen zu kennen. Zu diesem Zwecke, und zugleich um eventuell aus der Analyse des jeweils entwickelten Dampfes auf die Temperatur der siedenden Flüssigkeit schliessen zu können, hat E. C. C. Baly[1]) die Änderung der Zusammensetzung der unter Atmosphärendruck siedenden flüssigen Luft und ihres Dampfes als Funktion der Temperatur eingehend verfolgt. Für die meisten Zwecke genügt allerdings eine angenäherte Kenntnis der Temperatur; und wo die Erhaltung einer völlig konstanten Temperatur Erfordernis ist, verwendet man an Stelle der flüssigen Luft den unter konstantem Drucke siedenden Sauerstoff, dessen Siedetemperaturen unter verschiedenen Drucken von Olszewski,[2]) sowie von Estreicher[3]) und neuerdings auch von Baly[4]) bestimmt worden sind. Durch Erniedrigung des Druckes auf 7,5 mm *Hg* gelangt man, nach Olszewski und Estreicher, bis zu einer Temperatur von — 211°. Für weniger tiefe Temperaturen eignet sich flüssiges Äthylen (Siedepunkt unter Atmosphärendruck nach Olszewsky — 103°, unter 9,8 mm Druck — 150,4°), siedendes Lachgas (— 88,8°) oder eine Mischung von Alkohol und fester Kohlensäure (— 79°; infolge der Absorption von Wasserdampf aus der Luft steigt diese Temperatur mit der Zeit etwas). Noch tiefere Temperaturen dagegen, als sie mit flüssiger Luft oder mit flüssigem Sauerstoff erhalten werden können, hat vereinzelt Dewar mit Hilfe von siedendem Wasserstoff erreicht. Durch Reduzierung des Druckes auf 35 mm *Hg* konnte die Temperatur des siedenden Wasserstoffs bis 16° abs. erniedrigt werden. Es gelang Dewar damit bekanntlich, das Helium in den flüssigen und den Wasserstoff selbst in den festen Zustand überzuführen, sowie in Gefässen, die von aussen durch siedenden Wasserstoff abgekühlt wurden, binnen kurzer Zeit ungemein hohe Vakua zu erzeugen; im allgemeinen jedoch ist das Studium der physikalischen Erscheinungen bei tiefen Temperaturen noch nicht über die mit flüssiger Luft oder flüssigem Sauerstoff erreichbare Grenze hinaus ausgedehnt worden.

1) Phil. Mag. (5) **49**, 517, 1900.
2) Nature **54**, 377, 1896.
3) Phil. Mag. (5) **40**, 454, 1895.
4) loc. cit.

Betreffs der mechanischen Eigenschaften der Körper bei tiefen Temperaturen liegen nur vereinzelte Angaben, meist allgemeiner Natur, vor, wie diejenige, dass Substanzen, welche bei gewöhnlicher Temperatur nur eine geringe Härte besitzen, bei den extremen Kältegraden ihre Weichheit und Plastizität verlieren, spröde und zerbrechlich werden u. s. w. Messende Beobachtungen hat Dewar[1]) angestellt, der die Zerreissungsfestigkeit von dünnen Metalldrähten und gegossenen Metallcylindern bei gewöhnlicher Temperatur und in einem Bade von flüssiger Luft bestimmte; in dem letzteren wurde eine Zunahme der Festigkeit um ein Drittel, bei einem Eisendrahte sogar bis auf das Doppelte des anfänglichen Wertes konstatiert. Im gleichen Verhältnis scheint auch der Elastizitätsmodul zu wachsen.

Dass chemische Prozesse — auch solche, die bei gewöhnlicher Temperatur mit grosser Heftigkeit vor sich gehen — bei tiefen Temperaturen gänzlich versagen, ist namentlich von Pictet an einer Reihe von Beispielen gezeigt worden. Allerdings hat Dewar[2]) bei — 180° noch eine, wenn auch stark verminderte photographische Wirkung des Lichtes konstatieren können; dagegen fanden A. und L. Lumière[3]) an einer teilweise in flüssige Luft eingetauchten hochempfindlichen Bromsilbergelatineplatte, dass eine gleiche photographische Wirkung bei dem untergetauchten Teil einer 350—400 mal längeren Belichtung bedurfte, wie bei dem herausragenden und nicht von der verdampften kalten Luft umgebenen Teile; sie zeigten, dass diese Verzögerung weder von einer dauernden Veränderung der photographischen Substanz noch von einer Absorption der chemisch wirksamen Strahlen durch die flüssige Luft herrührte. Andere photographische Präparate wurden bei tiefer Temperatur durch das Licht überhaupt nicht merklich beeinflusst, und die genannten Beobachter schliessen daher, dass die latente Wirkung des Lichtes auf die photographische Platte chemischer und nicht physikalischer Natur sei.

1) Chem. News **71**, 192 und 199, 1895.
2) Chem. News **70**, 252, 1894.
3) C. R. **128**, 359, 1899.

(Fortsetzung folgt.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

R. Abegg (Breslau), Über Ammoniak und seine Komplexbildungen nach Versuchen von W. Gaus.

Die Eigenschaft des Ammoniaks, sich an die Kationen von Salzen unter Bildung komplexer Ionen anzulagern, ist nicht auf solche Salze beschränkt, bei denen solche Ammoniakverbindungen in fester Form bekannt, d. h. sehr beständig sind, sondern man kann ihre Existenz und den Grad ihrer Beständigkeit in Lösung ermitteln, indem man feststellt, ob und wieweit die Löslichkeit des Ammoniaks in Wasser durch Zusatz verschiedener Salze erhöht wird. Nach der Abegg-Bodländerschen Elektroaffinitätstheorie[1]) ist solche Löslichkeitserhöhung infolge Ammoniakbindung zu Komplexen umsomehr zu erwarten, je schwächer elektroaffin die Kationen der zugesetzten Salze sind.

Der chemischen Löslichkeitserhöhung durch komplexbildende Salze superponiert sich eine Löslichkeitserniedrigung physikalischer Natur, die am einfachsten als eine Erniedrigung des thermodynamischen Potentials (Verringerung der aktiven Masse oder des Dampfdruckes) des Wassers durch das gelöste Salz aufzufassen ist. Letztere überwiegt sogar, wenn der chemische Einfluss der Komplexbildung klein ist. Die physikalische Salzwirkung kann in äquivalenten Salzlösungen als von gleicher Grössenordnung betrachtet werden. Die Messmethode der Löslichkeitsänderung des Ammoniaks bestand in der Ermittelung seines Partialdruckes über der Lösung, insofern eine Abnahme desselben durch den Salzzusatz gegen eine rein wässrige Lösung einer Löslichkeitserhöhung entspricht und umgekehrt. Ein voltametrisch entwickelter und gemessener Knallgasstrom wurde durch die in konstanter Temperatur befindlichen ammoniakalischen Lösungen geleitet, so bis zu dem jeweiligen NH_3-Partialdruck gesättigt und in einem Leitfähigkeitsgefäss, das eine kleine gemessene Menge titrierter Salzsäure enthielt, des mitgeführten NH_3 wieder beraubt. Die Quantität des letzteren, welche zur Messung des Partialdruckes dient, lässt sich sehr exakt durch die Leitfähigkeit der HCl bestimmen, die bei der Neutralisation mit NH_3 bis auf etwa $^1/_3$ des ursprünglichen Wertes sehr genau linear zurückgeht. Die Messungen erreichten eine sehr grosse Genauigkeit; der NH_3-Partialdruck für $1n$-NH_3, welches überall als Lösungsmittel der Salze verwendet wurde, ergab sich in salzfreier Lösung bei $+25^0$ zu $13.45 + 0.03$ mm Hg mit einer Temperaturvariation von $+0.67$ mm/1^0. Die Versuchsfehler sind nicht grösser als den Temperaturschwankungen des Thermostaten entspricht.

1) Ztschr. anorg. Chem. **20**, 453, 1899.

In der folgenden Tabelle sind unter ΔD die um 13.45 verminderten NH_3-Partialdrucke der Lösungen angegeben, die von NH_3 stets 1 Mol pro Liter, von dem Salz soviel enthielten, dass es in Bezug auf den kationischen Bestandteil n-molar war.

Salz	n	ΔD
$Na\,OH$	0.4	+ 1.51
$K\,Cl$	0.4	+ 1.00
$(NH_4)_2\,SO_4$	0.4	+ 0.97
$(NH_4)_2$ oxal	0.4	+ 0.82
$Na\,Cl$	0.4	+ 0.79
$(NH_4)_2$ weins.	0.4	+ 0.38
$NH_4\,Cl$	0.4	+ 0.09
$NH_4\,NO_3$	0.4	— 0.02
$NH_4\,J$	0.4	— 0.25
$NH_4\,CNS$	0.4	— 0.27
$Ba\,Cl_2$	0.4	— 0.02 ⎫
$Sr\,Cl_2$	0.4	— 0.29 ⎬
$Ca\,Cl_2$	0.4	— 0.77 ⎪
$Mg\,Cl_2$	0.4	— 2.01 ⎭
$Zn\,SO_4$	0.01	— 0.44 ⎱
$Cd\,SO_4$	0.01	— 0.52 ⎰
$Cu\,SO_4$	0.0982	— 5.02 ⎱
$Cu\,SO_4$	0.0491	— 2.49 ⎰
$(Cu\,SO_4$	0.02	— 1.02) ⎱
$Cu\,Cl$	0.02	— 0.44 ⎰
$Ag\,Cl$	0.0491	— 1.39.

Die physikalische Salzwirkung kommt in der That nur da in einer Löslichkeitserniedrigung ($\Delta D > 0$) zum Vorschein, wo wie bei den Alkalien die Komplexbildung gemäss der starken Elektroaffinität klein (aber nicht unmerklich!) ist, doch prägt sich auch hier noch die Reihenfolge der Elektroaffinität in der Serie $K\,Cl$, $Na\,Cl$, $NH_4\,Cl$ aus. Der Einfluss der Anionenverschiedenheit bedarf noch weiterer Untersuchung. Eine eingehendere Diskussion, die von mehr chemischem Interesse ist, wird in der ausführlichen Arbeit von Gaus (Ztschr. anorg. Chem.) gegeben werden. Hervorgehoben sei nur noch, dass bei den Erdalkalien ein zahlenmässiger Zusammenhang mit dem Atomvolum des Kations sich ergiebt, wie er von Abegg und Bodländer (loc. cit.) bereits anderweitig wahrscheinlich gemacht wurde.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 30. September 1900.)

R. Abegg (Breslau), Über die Ursachen der photochemischen Induktion bei Halogensilberemulsionen.

Nach Luther entspricht jeder Lichtintensität ein bestimmter Gleichgewichtsdruck (oder Potential) des photochemisch freigemachten Halogens über Halogensilber; betrachtet man einen sehr kurzen Belichtungsmoment, so wird dieser Halogendruck sich in der unmittelbaren Umgebung des Halogensilberkorns thatsächlich herstellen und dadurch einen weiteren photochemischen Effekt verhindern, und bei sofortigem Aufhören der Belichtung wird das Halogen wieder gebunden, d. h. der photochemische Effekt verschwindet. Bei längerer Einwirkung derselben Lichtintensität findet das Halogen Zeit, sich von dem Halogensilberkorn, sei es durch Diffusion sei es durch chemische Bindung seitens der Gelatine, zu entfernen, sodass beim Aufhören der Belichtung keine Rückbildung erfolgen kann, da durch die bezeichneten Nebenvorgänge der Prozess irreversibel geworden ist. In dieser Weise lassen sich die Befunde von Englisch (Arch. wiss. Phot. 1, 24, 117, 284, 1899) u. a. deuten, wonach intermittierende Belichtung erheblich unwirksamer als kontinuierliche ist.

Belichtet man photographische Platten in gleicher Weise einmal von der freien Schichtoberfläche aus (also in gewöhnlicher Weise), das andere Mal durch das Glas hindurch, so erfährt die stärkste (durch optische Absorption in der Schicht noch ungeschwächte) Lichtwirkung im ersten Fall das freiliegende Halogensilber, bei dem die freie Oberfläche einem Fortdiffundieren von Halogen sehr günstig ist, im anderen Falle dagegen wirkt die gleiche Intensität auf die Halogensilberkörner, bei denen die Nachbarschaft des Glases die Diffussion stark behindert. Man hat also nach obigem zu erwarten, dass der photochemische Effekt auf der glasseitig belichteten Platte erheblich geringer ist, als auf der in gewöhnlicher Weise exponierten. Der Versuch bestätigt diese Erwartung. (Die optische Absorption der Glasschicht bei verkehrter Belichtung wurde im Falle gewöhnlicher Belichtung in gleichem Masse durch eine eingeschaltete Glasplatte ausgeglichen.)

Ferner werden die Lichtstrahlen bei glasseitiger Exposition während des Vordringens durch die Schicht zwar durch deren Absorption geschwächt, gelangen jedoch in Gebiete, bei denen die Diffusion des Halogens mit Annäherung an die freie Oberfläche ständig begünstigt wird, sodass der Einfluss der optischen Absorption mehr oder weniger kompensiert wird.

Bei normaler Belichtungsart wirken beide Einflüsse im gleichen Sinne schwächend, indem das tieferdringende Licht, durch Absorption geschwächt, in Schichten von immer mehr erschwerter Diffusion gelangt.

Hiernach sollte bei glasseitiger Exposition der photochemische Effekt einigermassen gleichmässig durch die Schicht vertheilt sein, während er bei normaler Exposition rapide von der freien Oberfläche aus in die Tiefe abnehmen müsste.

Prüft man in so belichteten und entwickelten Platten mittelst Mikroskop (und recht kurzfokaler Immersion) die Silberkornverteilung durch die verschiedenen Ebenen der Schicht, so findet man in der That die sehr auffällige Verschiedenheit, dass im Falle normaler Belichtung die Körner sehr nahe in einer Ebene liegen, während sie bei glasseitig exponierten Platten durch alle Tiefen der Schicht verteilt sind.

Ein in ähnlichem Sinne wirkender Einfluss der Diffusion des Entwicklers in die Schicht wurde durch Benutzung sehr langsamer Standentwickelung möglichst vermindert.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 30. September 1900.)

BERICHTE VON DER PARISER WELTAUSSTELLUNG.

VI. Mercadier's Multiplex-Telegraphie.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Unter Multiplex-Telegraphen versteht man bekanntlich Anordnungen, die es gestatten, mehrere Telegramme auf einer Linie gleichzeitig zu befördern, ohne dass sich dieselben gegenseitig stören.

Die neuesten in dieser Richtung angestellten Versuche sind die Mercadiers, dem es mit Hilfe seines phonischen Apparates gelungen ist, bis zu 24 Telegramme gleichzeitig auf der Linie Paris-Bordeaux zu übermitteln.

Die Grundlage dieser harmonischen Telegraphie beruht auf dem Gesetz der Koexistenz kleinster Bewegungen (Bernoulli). Wir wollen uns im folgenden zunächst dem Fundamentalexperiment zuwenden und dann auf Konstruktionseinzelheiten der in Klasse 26 im Elektrizitätspalast ausgestellten Apparate eingehen.

Betrachten wir die in Fig. 1 dargestellte Anordnung; S und S' sind zwei Stimmgabeln,

zwischen deren Zinken sich die Elektromagneten E resp. E' befinden. Wird S in Schwingungen versetzt, so werden sich infolge der Unterbrechung an dem Kontakt C in der Leitung Stromstösse ausbilden, deren Anzahl mit der Schwingungszahl der Stimmgabel übereinstimmt. Ist S' auf S abgestimmt, so wird auch die Stimmgabel S' tönen, dagegen bleibt sie in

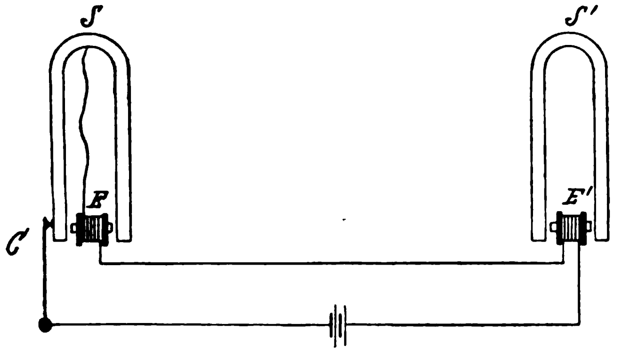


Fig. 1.

Ruhe, wenn beider Schwingungszahlen von einander abweichen. Sind auf der Sendestation zwei verschiedene Stimmgabeln in demselben Stromkreis vorhanden, welchen auf der Empfangsstation zwei analoge entsprechen, so kann man beide Stimmgabeln einzeln oder gleichzeitig zum Tönen bringen, ohne dass sich beide Systeme störten. Auf diese Weise ist es möglich, zwei gänzlich von einander unabhängige Übertragungen herzustellen und es ist ohne weiteres ersichtlich, dass man auf diesem Wege fortfahren kann, wenn man nur dafür Sorge trägt, dass die Tonhöhe der angewendeten Stimmgabeln eine verschiedene ist.

Fig. 2 zeigt schematisch den Sender des Mercadierschen Systems. Zwischen den Zinken der Stimmgabel befindet sich der Elektromagnet E. C ist der Unterbrecherkontakt, gebildet aus der Feder F, die sich bei ruhender Stimmgabel gegen die um die Axe A drehbare Stahlscheibe D legt.

2 Leclanché-Elemente genügen, um die einmal erzeugte Schwingung der Stimmgabel

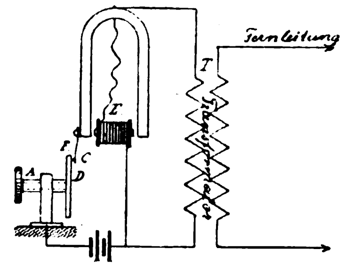


Fig. 2.

aufrecht zu erhalten. Wird der Kontakt C durch die Unterbrechungsfunken zerstört, so dreht man die Stahlscheibe D ein wenig, um eine neue Berührungsfläche herzustellen.

Parallel zur Elektromagnetenspule E ist die primäre Wicklung eines Transformators T mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1 geschaltet; die sekundäre Wicklung desselben steht mit der Fernleitung in Verbindung.

Die bei den Versuchen angewendeten Schwingungszahlen liegen zwischen 480 und 900 Schwingungen pro Sek.

Fig. 3 giebt ein Bild von einer Mercadier-

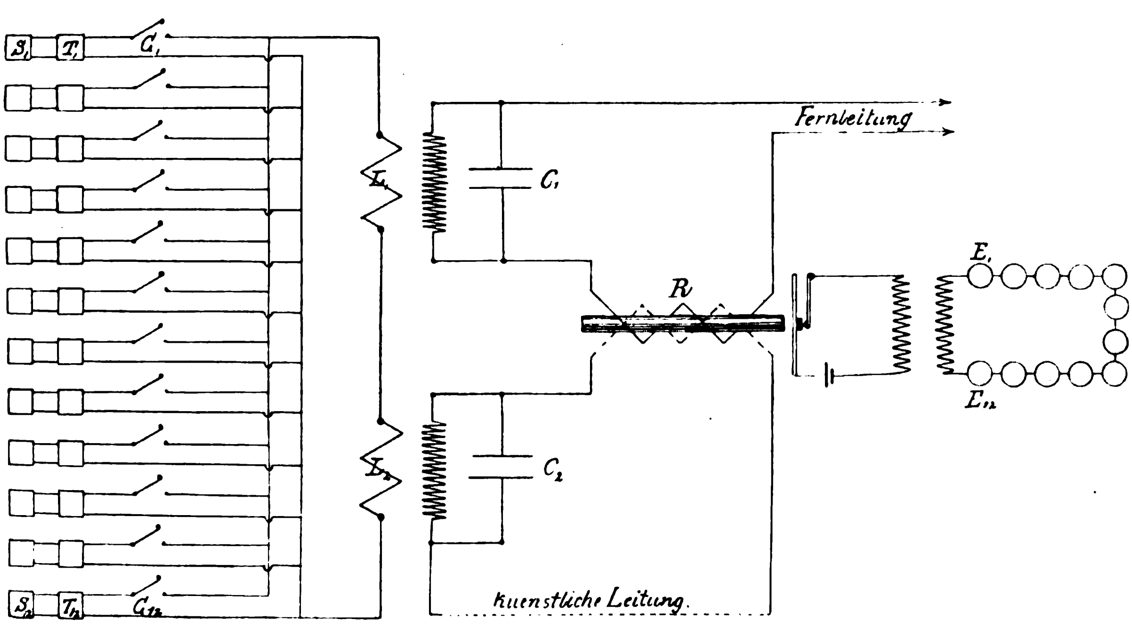


Fig. 3.

schen Station, welche gleichzeitig Gebe- als auch Empfangsapparate in sich vereinigt.

Links befinden sich die zwölf elektromagnetischen Stimmgabeln, welche mit den Nebentransformatoren T_1. T_2 . . . . . T_{12} verbunden sind, wie wir oben gesehen haben. Wird eine Gebetaste G niedergedrückt, so werden diese Nebentransformatoren mit dem allgemeinen Linientransformator L_1 in Verbindung gesetzt,

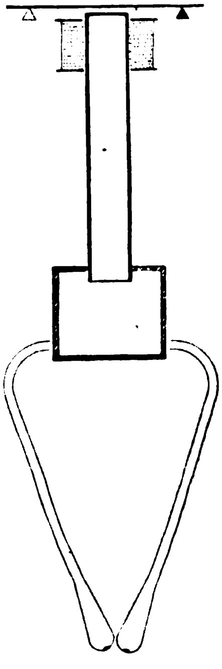


Fig. 4.

dessen aus dünnerem Draht bestehende sekundäre Wicklung durch ein Telephonrelais an die Fernleitung angeschlossen ist. Den Zweck des zweiten Transformators L_2, welcher mit L_1 in Serie geschaltet ist, werden wir später kennen lernen.

Die ankommenden Linienimpulse passieren also den Linientransformator und das Relais R; letzteres bethätigt die abgestimmten Empfänger, E_1, E_2 . , . . . E_{12}, welche in Serie geschaltet sind.

Die Konstruktion des Telephonrelais ist aus der Zeichnung ersichtlich; die schwachen Linienströme lösen Lokalstromimpulse aus.

Mercadier benutzt ein gewöhnliches Telephon, dessen Membrane mit einem Kohlenkontakt ausgerüstet ist; gegen dieselbe liegt ein Kohlenprisma leicht federnd an.[1])

Die Empfänger, die nur auf eine bestimmte Schwingungszahl reagieren, weisen folgende Konstruktion auf (Fig. 4). Die Telephonmembrane sind nur an drei Punkten unterstützt, so dass sie nur auf Töne ansprechen, deren Schwingungszahl mit der Eigenschwingung der Membrane übereinstimmt (Mono-Telephon); letztere sind den Stimmgabeln der Sendestation entsprechend gewählt. Der Eisenkern des Telephons ist hohl und mündet in einen Resonanzkasten, von dem 2 Hörschläuche (ähnlich wie beim Phonographen) ausgehen.

Um zu verhüten, dass die eigenen Empfangsapparate auf die in die Leitung gesandten Telegramme ansprechen, ist, wie aus Fig. 3 ersichtlich, der Eisenkern des Telephonrelais mit einer doppelten Wicklung versehen; die zweite Wicklung steht mit einer künstlichen Leitung in Verbindung, die in Widerstand, Kapazität und Selbstinduktion der natürlichen Fernleitung entspricht. Um beide Leitungen leichter zu equilibrieren, sind parallel zu den sekundären Spulen der Linientransformatoren L_1 und L_2 regulierbare Kondensatoren C_1 und C_2 angebracht; diese bilden ein Charakteristikum der harmonischen Telegraphie.

Die Vorteile des Mercadierschen Systems sind in die Augen springend. Bei Erhöhung der Anzahl der gleichzeitig zu übermittelnden Telegramme dürfte dieses System betreffs Ausnutzung der Telegraphenlinien dem Pollak-Viragschen Schnelltelegraphen-System nicht nachstehen.

1) Vgl. E. Mercadier, Note présentée à l'Académie des sciences, le 19 mars 1900.

(Eingegangen 25. August 1900.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Notbeleuchtungssicherung[1]) der Gebrüder Ruhstrat, Göttingen.

Bei allen grösseren Hausanschlüssen an elektrische Centralen ist in jüngster Zeit fast regelmässig das Prinzip befolgt worden, die notwendigen Sicherungen zu centralisieren, d. h. von einer einzigen Verteilungsschalttafel aus den Anschluss mit Strom zu versorgen. Auf diesen Verteilungsschalttafeln findet gewöhnlich ein Hauptausschalter, sowie für jeden Zweig ein besonderer Ausschalter und eine Sicherung Platz. Diese Installationen bieten gegenüber der älteren Herstellungsweise der Leitungen vor allem den Vorteil, dass das gesamte Leitungssystem von

1) D. R.-P. Nr. 111085.

einem Punkte aus bedient und dass die Anlage jederzeit kontrolliert werden kann. Im Falle eines Kurzschlusses in einer Leitung dagegen ist die Auswechselung der Sicherungslamellen bei diesem Installationssysteme verhältnismässig erschwert, da es sehr oft vorkommt, dass der Zweig, in dem die Betriebsstörung stattfand, auf dem Verteilungsschaltbrette nicht genügend gekennzeichnet ist, und dass daher das Suchen nach der defekten Sicherung längere Zeit und ein Herumprobieren erfordert. Die vorliegende Erfindung gestattet nun, diese Mängel der Centralisierung in einfachster Weise zu beseitigen und bietet ausserdem den grossen Vorteil, dass sich in den Fällen, wo infolge eines Kurzschlusses das Licht versagt, wenigstens eine Notbeleuchtung an der Verteilungstafel automatisch einschaltet. Der Grundgedanke ist verhältnismässig einfach, sodass die Herstellungskosten einer derartigen Kontrollsicherung nur geringe sind, und sich demnach die Einführung der Anordnung in die Praxis sehr leicht ermöglichen wird.

Die Fig. 1 zeigt die allgemeine Anordnung. Parallel zu der Sicherungslamelle S liegt die Glühlampe L. Wir haben hierbei den einfachsten Fall gewählt, dass die Leitung nur einpolig geschützt sei. Wenn nun ein Kurzschluss in der Verbrauchsleitung eintritt, welcher die Sicherung S zum Schmelzen bringt, so wird die Lampe L zum Leuchten gelangen, während sie für gewöhnlich dunkel bleibt. Gleichzeitig gestattet die Vorrichtung auch, den Zustand der Leitung ohne weiteres zu erkennen: Brennt nämlich die Kontrolllampe normal, brennen dagegen die in die Verbrauchsleitung eingeschalteten Lampen garnicht, so

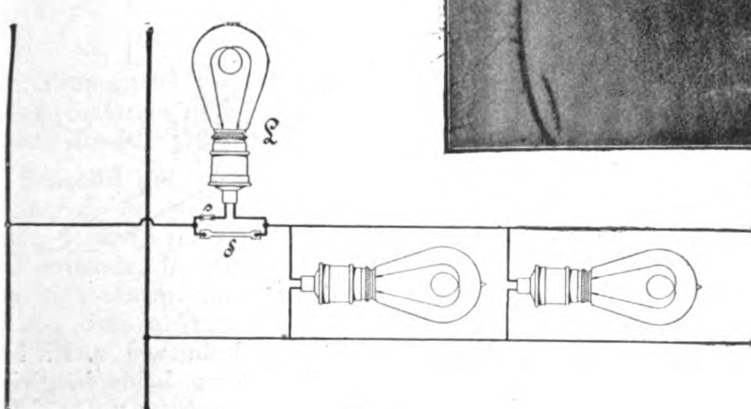


Fig. 1.

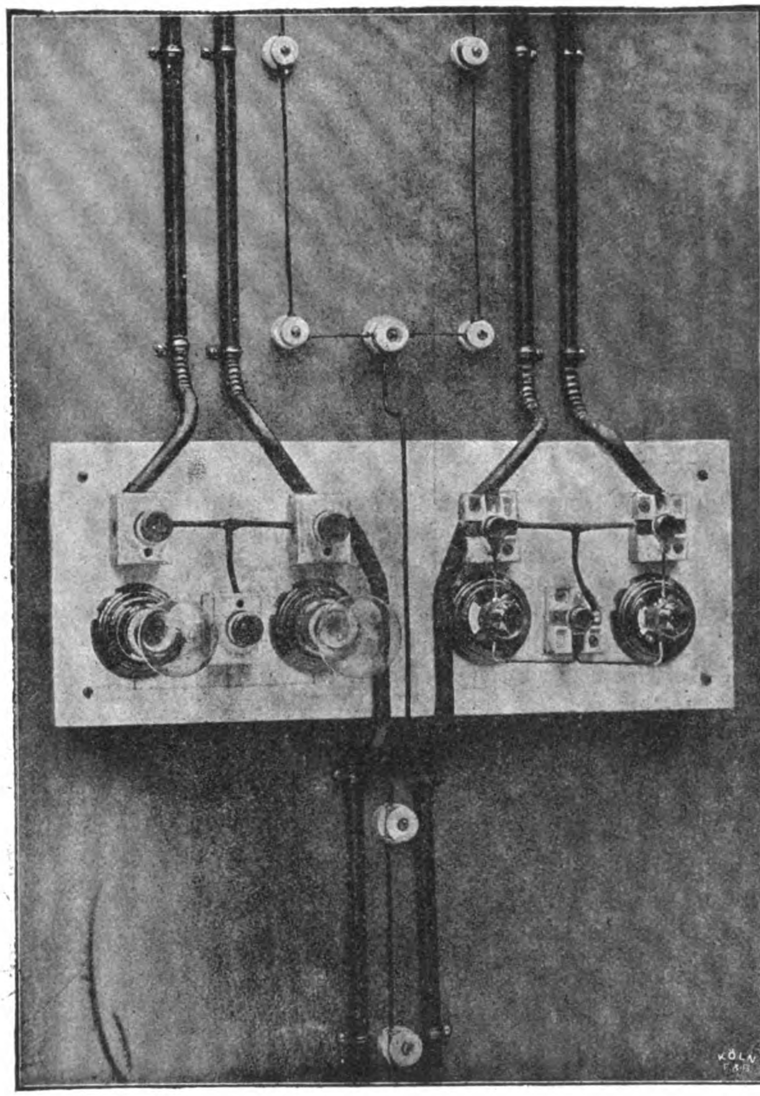


Fig. 2.

ist ein Kurzschluss vorhanden, brennen Kontrolllampe und angeschlossene Lampe dunkel, so ist dies ein Zeichen dafür, dass ein Kurzschluss nicht mehr vorhanden, dass jedoch der Sicherungsstreifen noch defekt ist. Erst in diesem Falle dürfte also der Sicherungsstreifen ersetzt werden. Die Figur zeigt ferner, dass in den Stromkreis der Kontrolllampe noch eine kleine Hilfssicherung s gelegt ist, welche im Falle einer anormalen Überspannung, die eventuell in der Hauptleitung

auftreten kann, diese Lampe gegen ein Durchbrennen schützt.

Diese neue Sicherung wurde zuerst in Göttingen in der Centrale Jüdenstr. 10 praktisch angewandt, dort sind die angeschlossenen Lampen sämtlich mit dieser Sicherung versehen, die Vorteile daselbst erprobt und anerkannt worden.

Die Anordnung Fig. 2 giebt die Ansicht einer Installation unter Verwendung der neuen Sicherung. Das System kann auch in jede bestehende Anlage nachträglich eingefügt werden. Die Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft Helios besitzt neben den Erfindern Herren Gebr. Ruhstrat, Göttingen, das Ausführungsrecht für Deutschland.

(Eingegangen 16. September 1900.)

Pedersens Multiplex-Telephonie.

Zu den interessantesten Anwendungen des Poulsenschen telegraphonischen Prinzips gehört ohne Zweifel die Möglichkeit, auf ein und derselben Fernleitung gleichzeitig zwei, drei oder mehr Gespräche zu führen, ohne dass sie sich gegenseitig stören. Das von dem dänischen Ingenieur P. O. Pedersen, einem Mitarbeiter Poulsens, angegebene Verfahren soll im folgenden etwas eingehender erörtert werden und zwar der Einfachheit wegen zunächst für zwei gleichzeitig geführte Gespräche.

Aus dem bereits früher über das Telegraphon Mitgeteilten[1]) ist bereits bekannt, wie die menschliche Sprache mittelst eines von Mikrophonstromoszillationen umflossenen Doppelelektromagneten auf einem Stahldraht oder kontinuierlichem Stahlbande magnetisch fixiert werden kann.

Ist E ein Elektromagnet und BB ein in der Richtung des Pfeiles bewegtes Stahlband (Fig. 1),

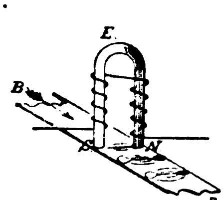


Fig. 1.

so werden sich auf letzterem die durch die Stromschwankungen in der Magnetwicklung erzeugten magnetischen Schwankungen als magnetische Berge resp. Thäler fixieren, und man kann dieselben durch einen zweiten genau gleich konstruierten Elektromagneten in Verbindung mit einem Telephon wieder zu Gehör bringen.

Das Gleiche ist offenbar auch dann der Fall, wenn das Band unter zwei Elektromagneten E_1 E_2 hingeführt wird, deren Wicklungen hintereinander geschaltet sind (Fig. 2).

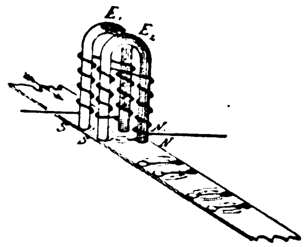


Fig. 2.

Es entstehen dann offenbar auf dem Stahlbande magnetische Doppelberge und Doppelthäler und man könnte das auf diese Weise dem Bande aufgeprägte Gespräch durch ein anderes ganz gleiches Elektromagnetenpaar in einem damit in Verbindung gebrachten Telephon wieder hören. Dazu ist allerdings notwendig, dass das zweite Elektromagnetenpaar (Abhörmagnet) sich in genau demselben Abstande von einander befindet, als das Schreibmagnetenpaar und dass ferner die Schaltung der Magnete bei beiden Magnetpaaren die gleiche ist.

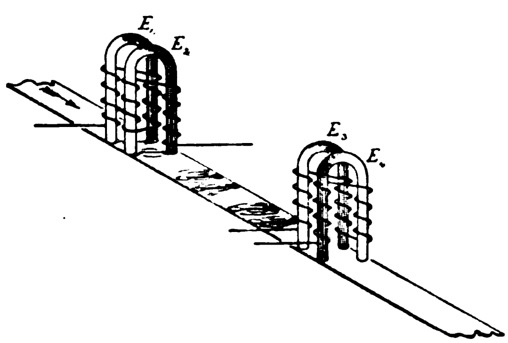


Fig. 3.

Ist letzteres nicht der Fall, wie z. B. in Fig. 3, wo die Schreibmagnete beide in gleichem Sinne, die Abhörmagnete aber unter sich in entgegengesetztem Sinne gewickelt sind, so würde man zwar mit den Schreibmagneten E_1 E_2 das Gespräch auf dem Bande fixieren, es mit E_3 E_4 aber nicht hören können, weil jeder von E_1 E_2 auf dem Bande fixierte Doppelberg, sobald er E_3 E_4 passiert, in den Magnetwick-

1) Vergl. 1, 413, 1900; 1, 470, 1900; 1, 554, 1900 dieser Zeitschrift.

lungen dieses Systems Ströme von entgegengesetzter Richtung induziert, die sich bei völliger Übereinstimmung der einzelnen der beiden Abhörmagnete E_3 und E_4 vollständig aufheben müssen.

Ist demnach durch ein Paar hintereinander geschalteter Schreibmagnete E_1 E_2, deren Wicklungen in gleichem Sinne laufen, ein Gespräch auf dem Bande fixiert, so kann es nur durch ein ganz gleiches Paar, dessen Wicklungen ebenfalls in gleichem Sinne laufen, abgehört werden, in einem anderen Paar ebensolcher Magnete E_3 E_4, deren Wicklungen unter sich in entgegengesetztem Sinne laufen, hört man von diesem Gespräch nichts.

Mit E_3 E_4 würde man dagegen ein Gespräch hören können, das mit einem Paar gleich und zwar jedes 2 mal in kurzer Aufeinanderfolge wirr durcheinander hört — aber es ist nach dem Vorhergesagten selbstverständlich, dass man dieselben vollständig klar von einander trennen und einzeln zu Gehör bringen kann, wenn man als Abhörmagnet ein System zweier Elektromagneten benutzt, deren Windungen entweder in gleichem oder in entgegengesetztem Sinne verlaufen.

Hierauf beruht die Pedersensche telegraphonische Duplex-Telephonie. (Fig. 4.) Mittelst des Mikrophons I und der beiden Elektromagnete E_1 E_2, deren Wicklungen in gleichem Sinne laufen, wird ein Gespräch auf das Stahlband der in der Pfeilrichtung sich drehenden Scheibe fixiert. Zugleich wird ein anderes Gespräch mittelst des Mikrophons II und der

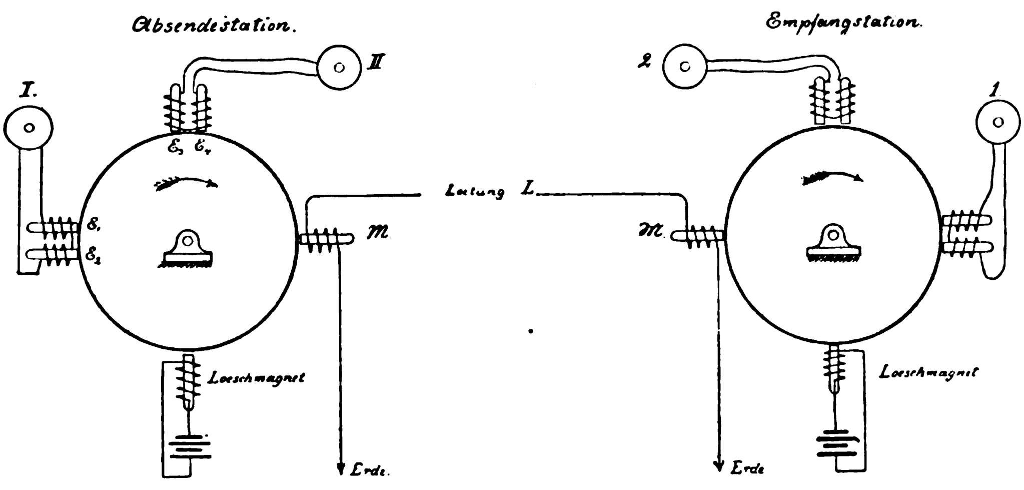


Fig. 4.

Schreibmagneten, deren Wicklungen in entgegengesetztem Sinne laufen, auf das Band fixiert wurde.

Schreibt man nun mit einem Elektromagnetenpaar E_1 E_2, dessen Wicklungen in gleichem Sinne laufen, ein Gespräch auf das Stahlband und entweder hinterher oder auch zu gleicher Zeit mit einem anderen Elektromagnetenpaar E_3 E_4, dessen Wicklungen in entgegengesetztem Sinne laufen, ein anderes Gespräch (oder ein Musikstück) auf dasselbe Band, so fixieren sich beide auf dem Bande, ohne sich, ähnlich der Koexistenz kleinster Bewegungen in der Mechanik, gegenseitig wesentlich zu stören. So kommt es denn, dass man die beiden auf dem Bande fixierten Gespräche mit einem einzelnen Elektromagneten und einem damit in Verbindung gebrachten Telephon, beide zu-

beiden Elektromagnete E_3 E_4, deren Wicklungen in entgegengesetzter Richtung laufen, auf dasselbe Band geschrieben. Durch den einfachen Elektromagneten M werden beide wirr durcheinander in der Leitung L nach der anderen Station geleitet und dort genau in derselben Weise durch einen einfachen Elektromagneten auf dem Stahlbande der Scheibe fixiert.

Weil aber dort ebenfalls zwei Elektromagnetpaare vorhanden sind, von denen das erste Paar Wicklungen in gleichem Sinne, das andere Paar Wicklungen in entgegengesetztem Sinne hat, so wird das Gespräch I in dem einen Telephon, das Gespräch II im zweiten Telephon gehört werden, und zwar korrespondieren diejenigen Teilnehmer miteinander, deren Telephone mit den gleich- bezw. entgegengesetztge-

wickelten Elektromagnetpaaren in Verbindung stehen.

Mit Hülfe von 4 Paar, 8 Paar u. s. w. Elektromagneten können auf gleiche Weise 3, 4 und noch mehr Teilnehmer zu gleicher Zeit miteinander in Verbindung treten, das Prinzip bleibt dasselbe, nur die Apparate werden entsprechend komplizierter. E. Ruhmer.

(Eingegangen 5. September 1900.)

BESPRECHUNGEN.

Gilbert T. Walker. Aberration und einige andere mit dem elektromagnetischen Felde verknüpfte Fragen. Cambridge, University Press. 1900. 96 S.

Die Universität Cambridge hatte den Adamsprice des Jahres 1899 zwei Schriften über die Aberration des Lichtes zuerkannt; eine von diesen liegt uns jetzt im Drucke vor. Die Fragen, welche die Aberrationstheorie und Ätherbewegung betreffen, haben auch die deutschen Physiker neuerdings lebhaft interessiert und sind vor 2 Jahren auf dem Düsseldorfer Naturforschertage diskutiert worden (s. das Referat von W. Wien). Es lagen bisher zwei verschiedene Theorien der Elektrodynamik bewegter Körper vor. Die eine, von Maxwell und Hertz ausgearbeitet, nimmt an, dass der Äther stets an der Materie haftet, die andere hingegen, die man H. A. Lorentz verdankt, betrachtet den Äther als ruhend, und nur die aus Ionen zusammengesetzte ponderable Materie als bewegt. H. A. Lorentz hat für den Fall, dass Körper mit konstanter Geschwindigkeit sich durch den Äther bewegen, die Folgerungen aus seiner Theorie gezogen, und sie mit den Erscheinungen der Aberration in Übereinstimmung gefunden.

G. T. Walker nimmt nun das Problem in der allgemeinsten Weise in Angriff. — Bekanntlich kann man die elektrische und magnetische Polarisation in verschiedener Weise definieren; die erste Definition, die „tubulare" setzt sie der Induktion proportional, welche durch die Zahl der die Flächeneinheit durchsetzenden Induktionslinien gemessen wird; die „molekulare" Definition anderseits sieht die Polarisation als bedingt an durch elektrische und magnetische Ladungen, die an der ponderablen Materie haften, diese Ladungen vereinigen sich zu elektrischen und magnetischen „Doublets", die Summe der Momente der in der Volumeneinheit enthaltenen Doublets bildet ein Mass für die Polarisation. Der Verfasser stellt die elektrodynamischen Grundgleichungen auf, die diesen verschiedenen Auffassungen entsprechen. Für ruhende Körper führen beide Auffassungen zu denselben Folgerungen, für bewegte hingegen ergeben sich Differenzen. Die erste der Grundgleichungen für bewegte Körper besagt allgemein, dass das Linienintegral der auf einen bewegten magnetischen Pol wirkenden Kraft längs einer geschlossenen Kurve proportional ist dem gesamten elektrischen Strome, der die Kurve durchfliesst. Der gesamte Strom hängt aber von der Verteilung der Polarisation und der Geschwindigkeit in ganz verschiedener Weise ab, je nachdem man die „tubulare" oder die „molekulare" Definition zu Grunde legt. In ersterem Falle hat man die Vergrösseruug der Fläche, die der Strom durchsetzt, in Rechnung zu ziehen, in letzterem die Veränderungen der Abstände der elektrischen Pole. Daher erhält man verschiedene Werte für die magnetische Kraft auf einen bewegten Pol (H'). Nach der tubularen Auffassung ergiebt sich, wie Maxwell und Hertz zeigten:

$H' = H - \frac{1}{V}\left(u\,D\right)$, nach der molekularen

$H' = H - \frac{1}{V}\left(u\,E\right)$. Hierbei bezeichnen H, E, D magnetische Kraft, elektrische Kraft und elektrische Induktion im ruhenden Körper, u die Geschwindigkeit der relativen Bewegung von Erde und Äther, V die Lichtgeschwindigkeit, und $(u\,D)$ das äussere Produkt (auch vektorielle Produkt genannt) der beiden Vektoren u, D, das auf jedem der beiden Vektoren senkrecht steht.

Die Auffassung, welche zu dem zweiten Ansatze für H' führt, enthält die H. A. Lorentzsche Theorie als Spezialfall. Der Verfasser zeigt, dass diese Theorie nicht nur, wie bekannt, die Aberration und das Dopplersche Prinzip erklärt, sondern auch von den Experimenten Röntgens Rechenschaft giebt; jene Experimente bewiesen, dass eine zwischen den Platten eines Kondensators rotierende Glasplatte ein magnetisches Feld erregt, nicht aber die bei der Erdbewegung stattfindende Relativbewegung von Kondensator und Äther. Geht man also von der molekularen Auffassung aus, so

ist man gezwungen, den Äther mit H. A. Lorentz als ruhend anzunehmen, um die Theorie in Übereinstimmung mit den Experimenten zu bringen. Anders stellt sich die Frage dar, wenn man die „tubulare" Auffassung zu Grunde legt. Hier muss man, wie der Verfasser zeigt, eine gewisse Mitführung des Äthers annehmen, wenn man die Experimente über die Lichtfortpflanzung im bewegten Körper und die Aberration befriedigend erklären will; die Theorie, zu der man so gelangt, giebt aber keine Rechenschaft von dem negativen Erfolge des zweiten Röntgenschen Experimentes. Der Verfasser gelangt also zu dem Resultat, dass auch auf diesem Gebiete, wie auf dem der Magnetooptik und der Elektrochemie, die molekulare Theorie der elektrischen Polarisation den Vorzug verdient.

Interessant sind auch die Entwickelungen, welche die Drucke im elektromagnetischen Felde behandeln. Die „tubulare" Auffassung führt zu den von Maxwell und Hertz angegebenen Werten der Druckkomponenten; diese Werte zeigen an, dass auch auf den ruhenden Äther eine ponderomotorische Kraft wirken kann, nämlich überall dort, wo der Poyntingsche Energiestrom sich zeitlich verändert. Diese Schwierigkeit kann man nur umgehen, indem man entweder reinen Äther als unmöglich erklärt, und die ponderomotorischen Kräfte auf die überall im Äther verteilte Materie wirken lässt, oder indem man, was auf dasselbe herauskommt, dem Äther träge Masse zuschreibt. — H. A. Lorentz zieht es daher vor, von Drucken im Äther überhaupt nicht zu sprechen; da er ja den Äther als unbeweglich annimmt, so können jene Drucke nie Arbeit leisten. Hierdurch wird allerdings die Sache nicht aufgeklärt, denn das Prinzip der Nahewirkung verlangt, dass die auf elektrische und magnetische Ladungen wirkenden Kräfte auf Drucke im Äther zurückgeführt werden. Der Verfasser sucht nun die Drucke so zu berechnen, dass die resultierende ponderomotorische Kraft im ruhenden, reinen Äther verschwindet. Die Drucke sind erst dann bestimmt, wenn man die Dichte der elektromagnetischen Energie kennt; alsdann kann man sie aus der bei einer Bewegung des Körpers stattfindenden Arbeitsleistung berechnen. Indem nun der Verfasser für die elektromagnetische Energiedichte in bewegten Körpern den Ansatz macht

$$\frac{1}{8\pi}\left[E^2 + (K-1)\,E'^2 + H^2 + (\mu-1)\,H'^2\right],$$

der für ruhende Körper, wo $E' = E$, $H' = H$, in den üblichen Ausdruck der Energiedichte übergeht, gelingt es ihm, Drucke zu erhalten, die keine resultierende ponderomotorische Kraft im ruhenden Äther ergeben. Hierdurch wird die erwähnte Schwierigkeit überwunden und zugleich die Gültigkeit des obigen Ausdruckes für die Energiedichte wahrscheinlich gemacht. Die berechneten Drucke vergleicht er mit Beobachtungen von Quincke.

Die Schrift dürfte durch ihre originelle Auffassungsweise anregend auf die weitere Entwickelung dieser Probleme wirken.

M. Abraham.

(Eingegangen 15. September 1900.)

W. Löb, Leitfaden der praktischen Elektrochemie.

Berichtigungen. Der diese Ztschr. I, 601, 1900 gegebenen Besprechung des obigen Buches sind auf Anregung des Autors einige Berichtigungen nachzutragen, deren Berücksichtigung auch diejenigen Teile des Werkes als korrekt erscheinen lässt, die zu Bemängelungen Anlass zu geben schienen: die Angabe, dass die Theorie der Flüssigkeitsketten von Nernst herrührt, fehlt nicht, sondern steht kurz vor der Behandlung dieser, während der Referent sie in derselben vergeblich gesucht hatte; die „elektromotorische" statt „elektrometrische" Methode ist nicht die Schuld des Autors, sondern des Druckers. Bei den übrigen Punkten beruhen die hervorgehobenen Differenzen wesentlich auf missverständlichen Ausdrucksweisen. R. A.

(Eingegangen 3. Oktober 1900.)

Tagesereignisse.

Die 72. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte,

welche vom 16.—22. September in Aachen tagte, bot insofern nicht den glänzenden Anblick ihrer Vorgängerinnen in Düsseldorf und München, als die Zahl ihrer Teilnehmer, welche dort auf mehr als 2000 gestiegen war, hinter dieser Ziffer erheblich zurückblieb; es wurden diesmal nur 850 oder, wenn man die Damen mitrechnet, 1100 Teilnehmer gezählt. Zum Teil mag das auf zufälligen und äusseren Umständen beruhen, z. B. darauf, dass die Versammlung erst vor zwei Jahren ganz in der Nähe Aachens, in Düsseldorf, getagt hatte; zum Teil trägt aber sicherlich auch die Organisation der Versammlung die Schuld. Wenigstens wurde in der Geschäftssitzung, in welcher Hamburg zum Ort der nächsten Tagung gewählt wurde, lebhaft darüber geklagt, dass die Sitzungen in den vielen Sektionen zahlreiche Teilnehmer verhindern, Vorträgen beizuwohnen, die für sie ein grosses Interesse bieten, und dadurch vom Besuch der Versammlung geradezu abschrecken. Dem gegenüber wurde konstatiert, dass die kombinierten Sitzungen der Abteilungen sich einer grossen Beliebtheit erfreuten. Daher sollen dieselben in Zukunft auf Kosten der Sektionssitzungen bevorzugt werden. Es wurde beschlossen,

in Hamburg den Versuch zu machen, Sektionssitzungen nur an den Nachmittagen stattfinden zu lassen, um die Vormittage gänzlich für die allgemeinen und kombinierten Sitzungen zu gewinnen.

Für die Allgemeinheit der Teilnehmer hatte vor einem Jahre in München der Nordpolfahrer Nansen den Anziehungsmittelpunkt gebildet; diesmal war statt des Nordpols der Südpol in den Vordergrund des Interesses gestellt. Abgesehen von dem Senior der geographischen und ozeanographischen Forschung, dem Direktor der Deutschen Seewarte, Wirkl. Geh. Admiralitätsrat Neumayer, war aus Lüttich Arstowski erschienen, der auf der Belgica mit Herrn de Gerlache im antarktischen Eise überwintert hatte, und trug in der meteorologischen Abteilung über die physikalische Geographie der antarktischen Region vor. In der zweiten allgemeinen Sitzung aber übte wohl Herr v. Drygalski die grösste Zugkraft aus, der den Plan und die Aufgaben der deutschen Südpolar-Expedition auseinandersetzte, die im August nächsten Jahres unter seiner Führung die Heimat verlassen wird, um den unwirtlichen Süden aufzusuchen.

Gleich Nansen, der im Jahre 1888 Grönland auf Schneeschuhen durchquerte, hat auch Drygalski seine Sporen als Polarforscher im grönländischen Eise verdient. Im Jahre 1892 führte er die von der deutschen Gesellschaft für Erdkunde ausgerüstete Grönland-Expedition dorthin und überwinterte dort, um die näheren Verhältnisse und Bewegungen des Inlandeises an Ort und Stelle zu studieren. Auch diesmal will er nicht, wie Nansen, sich durch ein ganzes grosses Gebiet treiben lassen, sondern eine feste Station zur Überwinterung errichten und neben den Beobachtungen auf der Station die Umgegend durch Schlittenreisen erforschen. —

Die erste allgemeine Sitzung wurde, als an der Wende des alten und neuen Jahrhunderts, einem Rückblick auf die im verflossenen Säkulum gemachten Fortschritte gewidmet. Über den Vortrag van't Hoffs, der über die Entwickelung der exakten Naturwissenschaften sprach, werden wir an anderer Stelle berichten; von den medizinischen Vorträgen erregte besonderes Interesse der des Professors Hertwig: Über die Entwickelung der Biologie. Für weite Kreise das Wichtigste an den Ausführungen des Vortragenden bildete die Absage, welche er an die physikalisch-chemische Richtung in der Medizin richtete. Nachdem sie den Vitalismus gestürzt und abgelöst habe, sei sie ebenfalls in Einseitigkeit verfallen, indem sie auch das Leben selbst in einen physikalisch-chemischen Prozess auflösen wolle. Das sei aber nicht möglich; die Biologie berühre sich vielmehr auch mit der Psychologie und Soziologie, mit der Ethik und Religion, und setze die materielle und geistige Welt mit einander in Verbindung.

In eine nähere Ausführung über die Art der Kräfte, welche neben denen, die in der unbelebten Natur wirksam sind, das Wirksame im lebenden Organismus sein sollen, liess sich der Vortragende nicht ein. Solange das nicht geschieht, sondern nur darauf hingewiesen wird, dass die Erscheinungen des Lebens bisher nicht erklärt sind, dass zwischen der lebenden Zelle und der unbelebten Natur noch eine weite Kluft gähnt, ist ein wesentlicher Schritt nach vorwärts nicht gethan, und ebensowenig die Anschauung widerlegt, welche der Meinung Ausdruck giebt, dass auch in den lebenden Organismen nur dieselben Kräfte thätig sind, die in der unbelebten Natur wirken.

Von den Vorträgen, die in der gemeinschaftlichen Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe gehalten wurden, ist besonders der von Professor Klein „Zur Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften" hervorzuheben, der an anderer Stelle mitgeteilt werden wird. In beredter Weise gab Klein dem Streben nach Zusammenfassen gegenüber der weitgehenden modernen Zersplitterung der einzelnen Disziplinen Ausdruck, einem Streben, welchem die im Erscheinen begriffene Encyklopädie Rechnung tragen soll.

Von dem äusseren Verlauf der Versammlung ist zu melden, dass er ein durchaus würdiger und angemessener war. Die Sektionen wurden fleissig besucht, und die Vorträge zum Teil lebhaft diskutiert. Die Stadt Aachen gab der Versammlung ein Abschiedsfest, bei welchem von launigem Humor erfüllte Reden laut wurden. Dr. B. Borchardt.

Am 28. September fand die Eröffnung des neuen Physikalischen Instituts der Universität Breslau statt.

Personalien.

Der Professor an der Staats-Oberrealschule in Wien Rudolph Andreasch wurde zum ausserordentlichen Professor der chemischen Technologie organischer Stoffe an der Technischen Hochschule in Graz ernannt.

Dem ständigen Mitarbeiter am geodätischen Institut Dr. Borras in Potsdam wurde das Prädikat Professor verliehen

Als Privatdozenten wurden vom österreichischen Unterrichtsministerium bestätigt: der Oberinspektor der allgemeinen Untersuchungsanstalt für Lebensmittel, Dr. Leo Marchlewski für allgemeine Chemie an der Universität Krakau und Dr. Martin Ernst für Astronomie an der Universität Lemberg.

Dr. M. Cantor, Privatdozent an der Universität Strassburg, ist zum ausserordentlichen Professor in der naturwissenschaftlichen und mathematischen Fakultät der genannten Hochschule ernannt worden.

Der ehemalige Professor der Geometrie an der deutschen Technischen Hochschule in Prag K. J. Küpper ist im Alter von 72 Jahren gestorben.

Der ausserordentliche Professor für Maschinenkunde, Kulturtechnik und angewandte Mathematik Dr. H. Lorenz in Halle folgt einem Ruf als Leiter des physikalisch-technischen Instituts der Universität Göttingen.

Berichtigungen.

In dem Vorlesungsverzeichnis für Winter-Semester 1900/1901 ist unter Stuttgart zu berichtigen: Bei **Haller** ist beizufügen: Übungen zur praktischen Geometrie I (Geodäsie I) für Architekten und Maschineningenieure, 6; Katastermessungen, 4; Markscheidekunst, 1 und 1 Übung. — Bei **Hammer** ist beizufügen: Praktische Geometrie I (Geodäsie I) für Bauingenieure, 3, und 4 Übungen.

Herr Prof. Grunmach wünschte zu seinem Aachener Referate zu bemerken, dass der Inhalt desselben bereits in den Berichten der Berliner Akademie **38**, 829, 1900 erschienen sei, was wegen Ausbleibens einer Korrektur unterblieben ist.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 3. 20. Oktober 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Einige Versuche mit den von radioaktivem Baryumchlorid emittierten Uranstrahlen.

Von M. Maier.

Herr Dr. Giesel in Braunschweig war so liebenswürdig, mir zu Versuchen ein sehr radioaktives Präparat von Baryumchlorid zu überlassen. Das Gieselsche Präparat luminesciert im Dunkeln ziemlich intensiv mit weissem Lichte. Baryumplatincyanür und sogenannte Sidotblende, von Müller-Uri in Braunschweig bezogen, zeigen, von Radiumstrahlen getroffen, starke Luminescenz. Auf einer hochempfindlichen Bromsilbergelatinplatte erzeugten die vom Gieselschen Baryumchlorid ausgehenden Strahlen bereits bei einer Expositionszeit von 30 Sekunden eine kräftige Schwärzung, während ich bei Anwendung einer Joachimsthaler-Pechblende oder von Uranium nitricum, — von Merck in Darmstadt bezogen — erst bei einer Expositionszeit von 1 Stunde eine solche erhielt.

Sehr gross ist das Durchdringungsvermögen der von Giesels Präparat ausgehenden Radiumstrahlen. Bei einer Expositionszeit von 4 Minuten wird eine 4 mm dicke Eisenplatte und eine fast 20 mm dicke Quecksilberschicht von den Strahlen durchdrungen. Am 11. Februar 1900 habe ich das radioaktive Präparat von Herrn Dr. Giesel erhalten. Bis jetzt (5. September) hat die Intensität der Strahlung in messbarer Weise nicht abgenommen; ebenso wenig die Eigenluminescenz des Präparates. Die Ablenkbarkeit der von Giesels Präparat emittierten Strahlen im magnetischen Kraftfelde konnte ich konstatieren. Merkwürdig ist, dass sich nach meinen Versuchen die Ablenkbarkeit der Radiumstrahlen im magnetischen Felde weniger intensiv zeigte, wenn das die Strahlen emittierende Baryumchlorid in einem mit Hilfe einer Quecksilberluftpumpe — System Sprengel — hergestellten Vakuum befand. Eine reguläre Reflexion der Uranstrahlen an fein polierten, dicken Metallplatten konnte ich nicht beobachten. Ebensowenig zeigte sich eine Refraktion, wenn ich die Uranstrahlen durch ein Quarzprisma gehen liess. Ueber Reflexion und Refraktion der Uranstrahlen hat namentlich H. Becquerel gearbeitet und zuletzt gleichfalls negative Resultate erzielt.[1])

Sehr viel Zeit und Mühe verwendete ich auf den experimentellen Nachweis einer Interferenz, beziehungsweise Beugung der Uranstrahlen. Vom Radium gehen bekanntlich zwei Arten von Strahlen aus: die einen sind durch magnetische Felder ablenkbar und gleichen in ihren physikalischen Eigenschaften den Kathodenstrahlen; die andern Strahlen sind nicht ablenkbar und verhalten sich sonst wie die Röntgenstrahlen. Sollten nun die nicht ablenkbaren Uranstrahlen transversale Zustandsänderungen, d. h. transversale Wellen periodischen oder nichtperiodischen Charakters sein, so müssten sie Interferenz, beziehungsweise Beugung aufweisen. Eine Beugungstheorie für nichtperiodische transversale Ätherwellen hat A. Sommerfeld aufgestellt.[2]) Zu den Beugungsversuchen wurde durch einen aus sehr dicken Stahlplatten gebildeten Spalt eine 1 mm breite Lichtlinie abgegrenzt. Die von diesem als Lichtquelle dienenden Spalte kommenden Uranstrahlen mussten, bevor sie zur photographischen Platte gelangen konnten, an scharfen Metallkanten vorübergehen oder sehr engmaschige Schwerdsche Beugungsgitter und Metallspalte von nur 0,05 mm Breite durchdringen. Trotz der vielen Versuche, namentlich mit dem nur

1) H. Becquerel, Comptes rendus **122**, 689—694, 1896; **128**, 771—777, 1899.
2) Sommerfeld, diese Zeitschrift **1**, 105 bis 111, 1899.

0,05 mm breiten Beugungsspalt konnte ich niemals irgend welche Beugungserscheinung nachweisen.

Auch Becquerel hat bei seinen Beugungsversuchen negative Resultate erhalten.[1])

Auch auf Polarisation habe ich die Uranstrahlen untersucht. Ich liess die von Giesels Baryumchlorid ausgehenden Strahlen durch Turmalinplatten gehen. Ich verwendete zu diesen Versuchen auch Joachimsthaler Pechblende und verschiedene Uranverbindungen. Ich konnte aber nicht beobachten, dass Turmalin die Strahlen polarisiert. Zu den nämlichen Resultaten sind schon früher H. Becquerel und Behrendsen gelangt.[2])

Bei allen Versuchen konnte ich beobachten, dass die Uranstrahlen an allen Körpern eine sehr intensive diffuse Reflexion erleiden und dass sie andere Körper, wie Ebonit, Aluminium, Blei und Eisen, wenn diese den neuen Strahlen längere Zeit exponiert waren, radioaktiv machen, aber nur für kürzere Zeit.

1) Becquerel, Comptes rendus **128**, 771 bis 777, 1899.
2) Becquerel, Comptes rendus **128**, 771 bis 777, 1899; Behrendsen, Wied. Ann. **69**, 221, 1899.

Schaufling bei Deggendorf, Physikalisches Privatlaboratorium.

(Eingegangen 20. September 1900.)

Über die Temperatur der Acetylenflamme.[1])

Von E. L. Nichols.

Über die Temperatur der Acetylenflamme herrschen grosse Meinungsverschiedenheiten. Die Temperatur berechnet sich aus der Verbrennungswärme des Gases nach Le Chatelier[2]) zwischen 2100^0 und 2420^0. Messungen von Lewes[3]) gaben anderseits Temperaturen, welche tiefer lagen als die der gewöhnlichen Gasflammen, nämlich für die Spitze der leuchtenden Zone 1411^0 und für den Gipfel der nicht leuchtenden Zone 1517^0. Smithells[4]) hat dagegen nachgewiesen, dass die Acetylenflamme an vielen Stellen eine Temperatur besitzt, welche höher ist als der Schmelzpunkt von Platin, eine Thatsache, welche leicht bestätigt werden kann durch Hineinbringen von dünnen Platindrähten in die flache Flamme, welche bei den gewöhnlich benutzten Brennern erhalten wird. Die Hauptschwierigkeit der Temperaturbestimmung mittelst eines Thermoelementes besteht darin, dass Wärme durch die Verbindungsdrähte durch Leitung weggeführt wird, so dass die Verbindungsstelle niemals eine so hohe Temperatur wie die gasförmige Hülle, in welcher sie sich befindet, annimmt. Um diese Schwierigkeit zu beseitigen, habe ich eine Serie von vier Thermoelementen: Platin, Platin-Rhodium (10 Prozent) angewandt, welche aus von Heraeus in Hanau gelieferten Drähten hergestellt waren. Der Durchmesser des Drahtes war bez. 0,01996 cm, 0,01598 cm, 0,01089 cm und 0,00821 cm. Die zu erhitzende Verbindungsstelle erhielt die in Figur 1 dargestellte Form. Sie wurde hergestellt, indem die Drähte nebeneinander in ein Glasrohr gebracht und parallel miteinander so nahe als möglich an den gegenüberliegenden Wänden der Röhre befestigt wurden, indem man das Platin an beiden Enden der Röhre in das Glas einschmolz. An dem einen Ende der Röhre wurden die Platindrähte, welche ungefähr 3 cm herausragten, in Form eines *V* durch die Knallgasflamme zusammengeschmolzen. Die Verbindungsstelle erhielt darauf die Form, welche in Figur 2 stark vergrössert wiedergegeben ist; die Spitze der Verbindungsstelle wurde abgeschnitten, um eine ebene Oberfläche mit einer möglichst dünnen Brücke der beiden Metalle zu bilden. Die Verbindungsstellen wurden einzeln in der Nähe der Acetylenflamme befestigt, so dass die Ebene der verstümmelten Spitze vertikal und parallel der flachen Seite der leuchtenden Flammenhülle gegenüber stand. Die freien Enden der Drähte wurden zu einem Kreis geschlossen; die zweite Lötstelle befand sich in einem Ölbad von konstanter Temperatur. Da die Temperatur der Flamme höher als der Schmelzpunkt des Platins liegt, und da die Verbindungsstelle stets eine niedrigere Temperatur

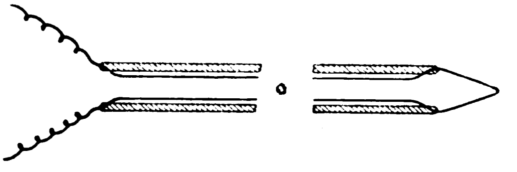


Fig. 1.

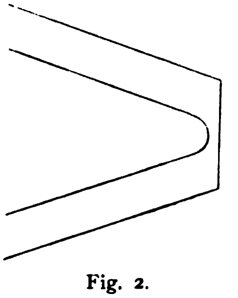


Fig. 2.

1) Ausführlich in Physic. Review **10**, 234, 1900.
2) Le Chatelier C. R. **121**, 1144, 1895.
3) Lewes, Chem. News **71**, 183, 1895.
4) Smithells, Journ. Chem. Soc. **67**, 1050, 1895.

annimmt, als die der Flamme, so konnte die letztere nur durch eine Reihe von annähernden Messungen ermittelt werden. Zu dem Zweck wurde zunächst die grösste der vier Verbindungsstellen in der eben beschriebenen Weise justiert, die Flamme mit Hülfe einer Mikrometerschraube allmählich genähert und die durch Erwärmung hervorgerufene elektromotorische Kraft gemessen, indem man mit einer Entfernung von 6 mm von der leuchtenden Hülle anfing und sich der letzteren näherte, bis die Lötstelle in die Hülle tauchte.

Sobald diese Stelle erreicht war, schwärzte sich die Lötstelle sofort mit Russ, und die Temperatur sank. In genau der gleichen Weise wurde mit den übrigen drei Verbindungsstellen verfahren; aber während an den zwei grösseren sich Russ absetzte, konnte die dritte (Durchmesser 0,01089) wegen ihrer hohen Temperatur bis in die Mitte der Flamme ohne Russabscheidung gebracht werden. Diese Lötstelle schmolz bei einem Punkt gerade jenseits der mittleren Flammenebene. Die vierte Lötstelle, welche durchweg wegen der Kleinheit des Durchmessers hohe Temperaturen annahm, schmolz bei einem Punkt, der ungefähr 1 mm von der leuchtenden Hülle entfernt lag. Aus den so erhaltenen Messungen wurden vier Kurven gezeichnet, welche sich nur in Bezug auf ihre Ordinaten voneinander unterschieden und die ohne nennenswerte Fehler bis zu der mittleren Ebene der Flamme extrapoliert werden konnten. Diese Reihe von Kurven lieferten die Daten, mit deren Hilfe man eine zweite Reihe von Kurven zeichnen konnte, welche die Temperaturen, wie sie von jeder einzelnen Lötstelle an jeder Stelle der Flamme angegeben wurden, anzeigte. Die Stellen, welche zu diesem Zweck gewählt wurden, waren 1 und 0,7 mm von der

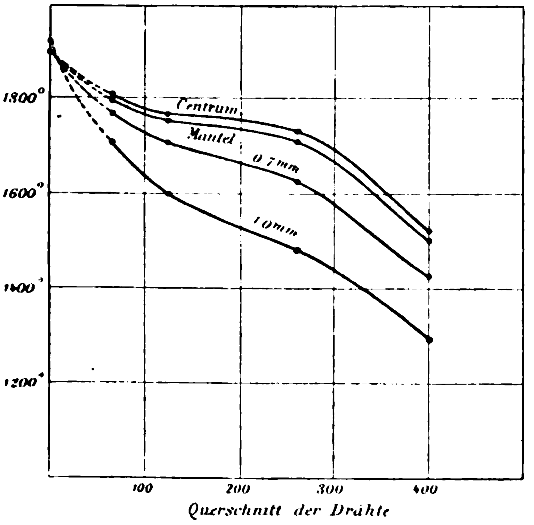


Fig. 3.

mittleren Ebene, und das Centrum (Figur 3) giebt diese zweite Reihe von Kurven wieder.

Durch Extrapolation dieser Kurven, bei denen die Abscissen die Querschnitte der Drähte und die Ordinaten Temperaturen sind, in der Richtung der abnehmenden Querschnitte, erhält man eine ziemlich sichere Schätzung der wahren Temperatur der leuchtenden Flammenhülle in der Nähe des Mittelpunktes der leuchtenden Fläche, wo die Intensität der Flamme dem Augenschein nach ein Maximum zu sein schien. Diese Stelle ist in Figur 4 durch ein ×

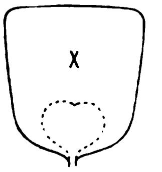


Fig. 4.

angedeutet. Wie erwartet, vereinigen sich die vier Kurven nahezu in der Linie des Querschnittes Null, und die so extrapolierte Temperatur ist nahezu 1920°. Allerdings ist jede Extrapolation selbst auf eine kleine Strecke unsicher, aber offenbar geht aus dem Lauf der Kurven hervor, dass eine jede nach oben geht und dass sie alle die Linie des Durchmessers Null bei einer Temperatur schneiden, die nicht weit von der gegebenen entfernt liegt. Der Durchschnittspunkt liegt über 100° höher als die höchste Temperatur, welche selbst von dem kleinsten Thermoelement angezeigt wurde. Wir können daher mit Sicherheit schliessen, dass beinahe alle Messresultate von Flammentemperaturen zu niedrig liegen, weil die Korrektion für den Verlust der Wärme durch Leitung durch den Draht nicht angebracht worden ist. Meine Lötstelle No. 4 besitzt, soviel ich weiss, den geringsten Querschnitt von allen bisher benutzten Apparaten. Mit dickeren Drähten muss die Korrektion für den Wärmeverlust noch grösser sein, ausser in den Fällen, wie in den Versuchen von Smithells[1]), bei denen dafür gesorgt war, dass ein beträchtlicher Teil des Drahtes sich innerhalb dar Flamme befand. Vergleichungshalber habe ich in ähnlicher Weise wie oben beschrieben die Temperatur der leuchtenden Flamme von gewöhnlichem Gas und von einer Kerze gemessen. Das benutzte Gas strömte aus einer Lavaspitze aus und gab eine flache Flamme von der gewöhnlichen Gestalt. Der Bezirk, welcher gemessen wurde, erstreckte sich über die Stelle der grössten Helligkeit, welche unmittelbar oberhalb des nichtleuchtenden Kegels lag. Die Messungen

1) Smithells l. c.

ergaben für die Temperatur mit Hilfe des Thermoelementes mit Querschnitt Null für diese Stelle 1780°, eine Temperatur, welche hinreicht, um Smithells' Versuche zu bestätigen, welche mit schmelzenden Platindrähten von geringem Durchmesser in dem äusseren Teil der Flamme angestellt waren.

Was die Kerze betrifft, so wurde die leuchtende Hülle von oben bis unten untersucht und es ergab sich, dass die Temperaturen zwischen 1452° an der Spitze der Flamme und 1675° in der leuchtenden Flamme gerade oberhalb der Spitze des nicht leuchtenden Teiles der Flamme lagen und bis 1400° an der Basis herabsanken. Diese Zahlen sind viel höher als die, welche gewöhnlich für die Kerzenflamme angenommen werden; sie stimmen aber nahe mit den von Lummer und Pringsheim[1]) nach einer indirekten Methode ermittelten und vor kurzem der Deutschen Physikalischen Gesellschaft mitgeteilten Versuchsergebnissen überein. Ihr durch Schätzung gewonnener Wert der Temperatur einer Kerzenflamme, der auf eine Beziehung zwischen der Lage des Maximums in der Energiekurve des Spektrums einer Lichtquelle und der Temperatur beruht, wobei die Annahme gemacht wird, dass die strahlenden Substanzen in der Flamme die strahlenden Eigenschaften eines schwarzen Körpers besitzen, betrug 1687°, eine Zahl welche um 17° höher liegt als die oben gegebene Zahl. Da der glühende Kohlenstoff, welcher das Licht in der Flamme aussendet, keine höhere strahlende Kraft besitzen kann, als der ideale schwarze Körper, sondern wahrscheinlich eine geringere, so ist ihr Wert eher zu hoch als zu niedrig.

Bekanntlich können die Platindrähte von sehr geringem Durchmesser, welche unter dem Namen Wollaston-Drähte in den Handel kommen, in der Kerzenflamme geschmolzen werden; dies scheint darauf hinzuweisen, dass die Temperatur noch höher sein muss als die von Lummer und Pringsheim und von mir gefundene. Ich habe den Versuch wiederholt und fand, dass thatsächlich der Wollastondraht in der Flamme schmilzt. Bestimmungen des Schmelzpunktes dieses Drahtes gaben 1674° und nach Behandlung mit Salpetersäure während 24 Stunden 1687°, woraus man schliessen kann, dass die Probe meines Drahtes und wohl alle solche Drähte aus unreinem Platin hergestellt werden, dessen Schmelzpunkt tiefer liegt als der des reinen Platins. Man braucht daher nicht anzunehmen, dass die Temperatur der Flamme höher liegt als oben angegeben wurde, um das Schmelzen des Drahtes zu erklären. Um durch direkte Beobachtungen die Richtigkeit dieses Schlusses zu bestätigen, habe ich den Schmelzpunkt von Platin von Heraeus bestimmt. Zu diesem Zweck wurde ein Stück des Drahtes, welches für Lötstelle 4 benutzt war, zu einem flachen Streifen gerollt. Hiervon wurde ein Stück ungefähr 0,01 cm lang abgeschnitten und um die Lötstelle geschlungen. Als die Fläche der Acetylenflamme allmählich der Lötstelle genähert wurde, bis der Streifen schmolz, ergab sich als Schmelzpunkt 1775°. Versuche über das Schmelzen von Gold, Platin, Palladium und anderen Metallen überzeugten mich von der Zuverlässigkeit meiner Methode. Die letztere ist nach meiner Meinung die bequemste und genaueste Methode der Calibrierung von Thermoelementen. Eine genaue Beschreibung derselben wird in einer besonderen Abhandlung veröffentlicht werden.

Die in diesem Aufsatze mitgeteilten Temperaturen beruhen auf einer Skala, welche insofern etwas willkürlich ist, als der Schmelzpunkt des Platins zu 1775° und der des Goldes zu 1070° angenommen worden ist. Bis jetzt hat das Arbeiten mit hohen Temperaturen noch keinen hohen Grad der Vervollkommnung erreicht, so dass man sich mit rohen Bestimmungen solcher Schmelzpunkte begnügen muss. Aber wenn man auch die wirklichen Temperaturen der Schmelzpunkte von Gold und Platin noch nicht kennt, so stimmen doch die Platin-, Platin-Rhodiumelemente soweit untereinander überein, dass, wenn einmal diese zwei Punkte genau bestimmt worden sind, nur geringer Zweifel hinsichtlich der relativen Werte der zwischenliegenden Temperaturen herrschen kann. Da meine Materialien aus derselben Quelle stammen, wie die von Holborn und Wien,[1]) so habe ich mich damit begnügt, ihre Kurve zu verwenden, nur die Ordinaten habe ich verschoben, so dass die Kurve durch die Punkte hindurchgeht, welche den elektromotorischen Kräften der Schmelzpunkte des Goldes und Platins, wie sie von mir bestimmt wurden, entsprechen.

1) Lummer und Pringsheim, Verh. Deutsch. Phys. Ges. 1899, 214.

1) Holborn und Wien, Wied. Ann. **47**, 1007 und **56**, 360.

Physikal. Institut der Cornell-Universität.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 3. September 1900.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Untersuchungen über verflüssigte Gase und tiefe Temperaturen.

Von B. Dessau.

(Fortsetzung.)

Änderungen in der Intensität und Zusammensetzung der Farbe verschiedener Substanzen (Quecksilberjodid, Kaliumbichromat etc.) durch tiefe Temperaturen sind von Schwalbe, Dewar und anderen Beobachtern konstatiert worden. Den Einfluss tiefer Temperaturen auf das Phosphoreszenzlicht hat anscheinend zuerst G. A. Bardetscher[1]) studiert; später haben Pictet,[2]) Dewar,[3]) A. und L. Lumière[4]) und Trowbridge[5]) sich mit dem gleichen Gegenstande befasst. Übereinstimmend finden sie, dass durch Temperaturerniedrigung zunächst die Farbe des Phosphoreszenzlichtes im Sinne einer Verschiebung gegen das rote Ende des Spektrums verändert wird und an Intensität verliert und dass bei einer je nach der untersuchten Substanz verschiedenen Temperatur die Phosphoreszenz vollständig aufhört; letzteres fand nach Lumière bei einigen Sulfiden bereits bei — 10^0, bei anderen erst bei — 190^0 statt. Die Rückkehr zur gewöhnlichen Temperatur lässt übrigens, auch wenn sie erst nach längerer Zeit erfolgt, die Phosphoreszenz wieder hervortreten, und ebenso ist die Fähigkeit, Energie aufzuspeichern, durch die tiefe Temperatur nicht aufgehoben; werden phosphoreszierende Substanzen bei — 200^0 belichtet, so tritt bei der Rückkehr zur gewöhnlichen Temperatur Thermolumineszenz ein, die sogar unter Umständen weit intensiver sein kann, als die unter gewöhnlichen Bedingungen erhaltene. Es gelingt unter diesen Verhältnissen sogar, Substanzen, die auf andere Weise nicht zum Phosphoreszieren zu bringen sind, leuchtend zu machen. Dewar beobachtete dies an Gelatine, Paraffin, Eierschalen, Federn, den fluoreszierenden Lösungen der Alkaloide u. s. w., Trowbridge an Gummi arabicum, Elfenbein, Celluloid, Papier und anderen Materialien. Die Wirkung des elektrischen Lichtes, des Magnesiumlichtes und der Röntgenstrahlen ist nach Lumière bei — 200^0 die gleiche wie bei gewöhnlicher Temperatur; dasselbe gilt von der auslöschenden Wirkung der infraroten Strahlen. Fluoreszierende Substanzen werden in flüssiger Luft durch Röntgenstrahlen ebenso erregt wie bei gewöhnlicher Temperatur.

1) Mitt. der naturf. Ges. Bern 1888; Beibl. **16**, 742, 1892.
2) C. R. **119**, 527, 1894.
3) Chem. News **70**, 252, 1894.
4) C. R. **128**, 359 und 549, 1899.
5) Science (2) **10**, 244, 1899.

—

Über spezifische Wärmen bei tiefen Temperaturen lagen bis vor wenigen Jahren nur vereinzelte Messungen zwischen Zimmertemperatur und der Temperatur der Alkoholkohlensäuremischung vor. Neuerdings haben U. Behn,[1]) C. C. Trowbridge[2]) und W. A. Tilden[3]) die spezifischen Wärmen einer Reihe von Metallen und des Graphits nach dem Mischungsverfahren bis zur Temperatur der flüssigen Luft verfolgt. Die umfangreichsten Messungen hat Behn vorgenommen; seine Resultate sind, zusammen mit den Resultaten anderer Beobachter für das Intervall + 100 bis + 18^0, in folgender Tabelle vereinigt:

	Mittlere spez. Wärme			Atomgew.	Mittlere Atomwärme		
	$+100^0$ bis $+18^0$	$+18^0$ bis -79^0	-79^0 bis -186^0		$+100^0$ bis $+18^0$	$+18^0$ bis -79^0	-79^0 bis -186^0
Pb	0,0310	0,0300	0,0291	207	6,4	6,2	6,0
Pt	0,0324	0,0311	0,0277	195	6,3	6,1	5,4
Ir	0,0323	0,0303	0,0263	193	6,2	5,8	5,1
Sb	0,050	0,0484	0,0462	120	6,0	5,8	5,5
Sn	0,055	0,0518	0,0486	118,5	6,5	6,1	5,8
Cd	0,056	0,0537	0,0498	112	6,3	6,0	5,6
Ag	0,056	0,0544	0,0496	107,9	6,0	5,9	5,4
Pd	0,059	0,0567	0,0491	106	6,3	6,0	5,2
Zn	0,094	0,0893	0,0798	65,4	6,1	5,8	5,2
Cu	0,093	0,0883	0,0716	63,6	6,0	5,6	4,5
Ni	0,109	0,0983	0,0743	58,7	6,4	5,8	4,3
Fe	0,113	0,0999	0,0721	56,0	6,3	5,6	4,0
Al	0,22	0,195	0,153	27,1	6,0	5,3	4,2
Mg	0,25	0,233	0,189	24,4	6,1	5,7	4,6
C	0,197	0,141	0,075	12,0	2,4	1,7	0,9

Für Kupfer, Eisen und Aluminium hat Trowbridge erheblich höhere Werte gefunden; doch ist Behn geneigt, die Ursache dieser Verschiedenheit in der Versuchsanordnung von Trowbridge und in der Annahme eines zu hohen Wertes für den Siedepunkt der flüssigen Luft zu suchen. Für chemisch reines Kobalt und Nickel findet Tilden folgende Werte:

Von	+ 100^0	bis	+ 15^0	Co: 0,10303	Ni: 0,10842
„	+ 15^0	„	— $78,4^0$	„ 0,0939	„ 0,0975
„	+ 15^0	„	— $182,4^0$	„ 0,0822	„ 0,0838
„	— $78,4^0$	„	— $182,4^0$	„ 0,0712	„ 0,0719.

Die spezifischen Wärmen der beiden Metalle streben also bei tiefen Temperaturen dem gleichen Werte zu, und dasselbe gilt somit von den Atomwärmen; die Annahme jedoch, dass der Grenzwert der Atomwärmen überhaupt für alle Metalle der gleiche sein werde, findet sich

1) Wied. Ann. **66**, 237, 1898; Ann. (4) **1**, 257, 1900.
2) Science (2) **8**, 6, 1898.
3) Proc. Roy. Soc. **66**, 244, 1900.

nach Tilden nicht bestätigt. Letzteres zeigen auch die Messungen von Behn (s. die obige Tabelle), welche anderseits insofern von besonderem Interesse sind, als sie wertvolle Belege für die von F. Richarz[1]) entwickelte Theorie des Gesetzes von Dulong und Petit liefern. Nach Richarz müssen nämlich diejenigen Elemente, welche der Regel von Dulong und Petit bei Zimmertemperatur nicht folgen, eine besonders starke Abhängigkeit ihrer spezifischen Wärme von der Temperatur aufweisen; der Grund beider Erscheinungen ist darin zu suchen, dass bei diesen Elementen die Verrückungen der Atome, welche die Wärmebewegung darstellen, nicht mehr gegen die Abstände zwischen den Atomen verschwinden. Dies aber wird dann eintreten, wenn die Abstände zwischen den Atomen klein, oder wenn die Verrückungen gross sind; und letzteres muss caeteris paribus offenbar um so mehr dort der Fall sein, wo das Atomgewicht klein ist, da Atome von geringerem Gewicht grössere Geschwindigkeiten, also auch grössere Elongationen erreichen müssen. Die grösste Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur ist dann zu erwarten, wenn kleines Atomgewicht und kleines Atomvolumen zusammentreffen.

Betreffs der Ableitung dieser Anschauungen aus allgemeinen Annahmen hinsichtlich der Atombewegung muss auf die Arbeit von Richarz verwiesen werden, wo zugleich die Konsequenzen der Theorie an Elementen bis zum Atomgewicht 40 geprüft sind; weitere Bestätigungen liefern, wie gesagt, die Messungen von Behn, denn die obige Tabelle zeigt in der That, dass die spezifische Wärme um so stärker mit der Temperatur abnimmt, je kleiner das Atomgewicht ist. Infolgedessen hat *Pb* (Atomgewicht 207) auch bei tiefen Temperaturen noch die Atomwärme 6,0; für Atomgewichte von 195 bis 107 beträgt die Atomwärme im Mittel ca. 5,4; mit abnehmendem Atomgewicht sinkt dieselbe immer weiter und beträgt für Graphit bei tiefen Temperaturen nur noch 0,9. Ordnet man anderseits die Elemente nach Lothar Meyer nach steigendem Atomgewicht und trägt die Atomvolumina als Ordinaten auf, so zeigt sich der Einfluss des Atomvolumens noch für diejenigen Elemente, welche ihren Platz in der Nähe des dritten, vierten und fünften Minimums der so erhaltenen periodischen Kurve finden. Für diese Elemente nimmt die spezifische Wärme bei der Abkühlung in stärkerem Masse ab, als für die in Bezug auf das Atomgewicht benachbarten, aber mit grösserem Atomvolumen begabten; so für *Fe*, *Ni*, *Cu* stärker als für *Zn*; für *Pd* und *Ag* stärker als für *Cd*, *Sn*, *Sb*; für *Ir* und *Pt* stärker als für *Pb*.

1) Wied. Ann. **48**, 708, 1893. Nat. Rundsch. 1900, 221.

Ungemein wichtig für das Arbeiten bei tiefen Temperaturen im allgemeinen sind die Beobachtungen von R. Pictet[1]) über Strahlung und Diathermanität bei diesen Temperaturen. Pictet hatte wahrgenommen, dass ein Thermometer, welches sich in einem doppelwandigen Kupfergefässe befand und durch eine in dem Zwischenraum zwischen den Gefässwandungen verdampfende Flüssigkeit auf eine Anfangstemperatur von — 165° gebracht worden war, durch Strahlung von aussen anfangs die gleichen Wärmemengen empfing, mochte nun das Kühlgefäss mit verschiedenen Isoliermaterialien in wechselnder Dicke umgeben oder überhaupt nicht gegen Strahlung von aussen geschützt sein. Erst nachdem die Temperatur auf — 100° gestiegen war, begann die Kurve, welche die eindringende Wärmemenge als Funktion der Zeit darstellt, je nach der Art und Dicke des angewendeten Isoliermaterials einen etwas verschiedenen Verlauf zu nehmen, es begann also eine verschiedene Durchlässigkeit für strahlende Wärme hervorzutreten; von diesem Punkte ab stiegen auch die einzelnen Kurven weniger rasch an als zuvor, die Temperaturzunahme ging also langsamer vor sich. Zwischen — 50° und — 20° trennten sich die Kurven mehr und mehr von einander und zwischen — 20° und + 10° war die Abweichung am grössten geworden; damit begann auch die normale Abhängigkeit der Schutzwirkung von der Dicke der Umhüllung. Pictet schloss aus diesen Beobachtungen, dass für die Strahlen, welche einer Temperatur des strahlenden Körpers von — 70° und darunter entsprechen, die gewöhnlich als Wärmeschutzmittel benutzten Stoffe vollständig diatherman sind und somit bei Arbeiten bei tiefen Temperaturen keinen Schutz gewähren. Wroblewski, Olszewski u. A. haben es deshalb vorgezogen, bei Versuchen mit verflüssigten Gasen offene, mehrwandige Gefässe zu benutzen, welche derart angeordnet sind, dass das aus der verdampfenden Flüssigkeit im innersten Gefässe aufsteigende kalte und schwere Gas längs der Aussenseite dieses Gefässes abwärts fliesst. Wirksamer noch sind die von Dewar eingeführten Gefässe, deren Doppelwandung einen allseitig geschlossenen Hohlraum bildet, der evakuiert und eventuell an der Innenseite auch versilbert ist. Allerdings ist, wie auch neuere Beobachtungen von W. Hempel[2]) gezeigt haben, das Isolierungsvermögen der Dewarschen Gefässe in hohem Grade von der Güte des Vakuums abhängig, und anderseits gewähren nach diesen Beobachtungen bis zu Temperaturen von — 70°

1) Arch. de Genève (3) **32**, 233, 465 und 561, 1894; Zeitschr. f. phys. Chem. **16**, 417, 1895.
2) Chem. Ber. **31**, 2993, 1898.

Eiderdaunen und Wollabfälle den gleichen oder sogar noch besseren Schutz wie die Dewarschen Gefässe.

Von grundlegender Bedeutung für alle einschlägigen Untersuchungen ist die Frage einer zuverlässigen und zugleich bequemen Messung tiefer Temperaturen. Fundamentalinstrument bleibt allerdings stets das Wasserstoffthermometer, dessen Angaben wenigstens innerhalb sehr weiter Temperaturgrenzen der absoluten thermodynamischen Skala so nahe kommen, dass eine Abweichung nicht konstatiert werden kann; nach den Untersuchungen von Olszewski[1]) an Thermometern mit Sauerstoff- und mit Stickstofffüllung, sowie von Chappuis[2]) an solchen mit Kohlensäurefüllung bleiben die Angaben des Gasthermometers, wofern der Anfangsdruck bei der Füllung zweckmässig gewählt wurde, selbst bei Temperaturen, welche erheblich unterhalb der kritischen Temperatur des betreffenden Gases liegen, noch zuverlässig; und dass dies für das Wasserstoffthermometer mit konstantem Volumen auch bei den tiefsten erreichbaren Temperaturen noch mit hinreichender Genauigkeit gilt, zeigt die von Olszewski[3]) festgestellte Übereinstimmung zwischen den Angaben zweier Thermometer mit Wasserstoff- bezw. mit Heliumfüllung. Für den praktischen Gebrauch indessen ist das Gasthermometer in den meisten Fällen wenig geeignet; von den Flüssigkeitsthermometern sind diejenigen mit Alkoholfüllung wegen der ungleichförmigen Ausdehnung des Alkohols und seiner Adhäsion an den Wandungen der Kapillare nicht zuverlässig; auch ist ihr Temperaturbereich ein beschränkter. Letzteres gilt ebenso von dem von Chappuis[4]) studierten Toluolthermometer. Als geeignetste Flüssigkeit zur Füllung von Thermometern für tiefe Temperaturen hat sich nach Kohlrausch[5]) der bei 33^0 siedende Petroleumäther erwiesen, der bis zur Temperatur der flüssigen Luft hinreichend flüssig bleibt; sein (mit der Temperatur wachsender) Ausdehnungskoeffizient ist durch Kohlrausch für das Temperaturintervall zwischen -188^0 und $30{,}7^0$ bestimmt und damit sind die Angaben des Petroleumätherthermometers auf diejenigen des Wasserstoffthermometers reduzierbar gemacht. Die bequemsten und für jedes Temperaturintervall brauchbaren, bei richtiger Handhabung auch hinreichend genauen Verfahren zur Bestimmung tiefer Temperaturen gründen sich jedoch nicht auf die

1) Wied. Ann. **31**, 69, 1887.
2) Trav. et Mém. du Bureau Intern. des Poids et Mesures **6**, 92, 1888.
3) Bull. de l'Ac. des Sciences de Cracovie Juni 1896; Nature **54**, 377, 1896.
4) Arch. des Sciences (3), **28**, 293, 1892.
5) Wied. Ann. **60**, 463, 1897.

Messung von Volumen- oder Druckänderungen, sondern auf die Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit und auf das thermoelektrische Verhalten bei diesen Temperaturen.

Genaue Messungen des Leitungswiderstandes von Metallen bei tiefen Temperaturen haben zuerst Wroblewski,[1]) sowie Cailletet und Bouty[2]) vorgenommen. Der erstere fand z. B. den Leitungswiderstand einer Kupferdrahtspirale bei $0^0 = 3{,}614$ Ohm, bei $-103^0 = 2{,}073$ Ohm und bei $-200^0 = 0{,}414$ Ohm; der Widerstand sinkt also rascher als die absolute Temperatur. Ein ähnliches Resultat erhielten für Kupfer auch Cailletet und Bouty, während sie bei anderen Metallen bis zu -113^0 zum Teil die Abnahme des Leitungswiderstandes der Temperaturänderung proportional fanden. Allgemein lässt sich der Leitungswiderstand als Funktion der Temperatur durch eine Gleichung zweiten Grades

$$(1) \qquad R = R_0\,(1 + at + bt^2)$$

darstellen; und ebenso erscheint umgekehrt, wenn die Widerstandsmessung zur Bestimmung der Temperatur dienen soll, diese letztere als Funktion des gemessenen Widerstandes durch eine Gleichung von der Form

$$(2) \qquad t = a' + b'\,R + c'\,R^2$$

ausgedrückt. Als Metall, dessen Widerstandsänderung zur Temperaturbestimmung dienen soll, eignet sich am besten das Platin. Ein dünner Platindraht zeigt, wenn er gegen äussere Einflüsse geschützt ist, auch nach bedeutenden und raschen Temperaturveränderungen für die gleiche Temperatur wieder den gleichen Widerstand; das Platinwiderstandsthermometer erfüllt also die wichtige Bedingung der Konstanz des Nullpunktes; und ebenso liefern verschiedene derartige Thermometer, nachdem die Konstanten der Gleichung (2) für jedes derselben durch Widerstandsmessung bei bekannten festen Temperaturen bestimmt sind, ganz oder nahezu die gleichen Temperaturangaben, welche von denjenigen des Gasthermometers um höchstens 1^0 abweichen. So fanden L. Holborn und W. Wien[3]) für einen Platindraht, dessen Gleichung zu

$$(2a) \qquad t = -258{,}3 + 5{,}0567\,R + 0{,}005855\,R^2$$

ermittelt war, in einem Bade von schmelzendem Äther bei verschiedenen Temperaturen einen Widerstand von

27,56 23,13 21,87 Ohm,

woraus sich nach obiger Formel bezw. die Temperaturen

$-114{,}5^0 \qquad -138{,}2^0 \qquad -144{,}9^0$

berechnen, während das Wasserstoffthermometer,

1) Wied. Ann. **26**, 27, 1895.
2) C. R. **100**, 1188, 1885.
3) Wied. Ann. **59**, 213, 1896.

in dessen Gefäss der Platinwiderstand eingeschmolzen war, die Temperaturen

$-115,1^0 \quad -139,1^0 \quad -145,5^0$

ergeben hatte.

Anstatt nach Gleichung (2) die Celsiustemperaturen aus dem gemessenen Widerstand zu berechnen, haben Fleming und Dewar den von Callendar bereits früher für hohe Temperaturen eingeführten Begriff der „Platintemperatur" auch für tiefe Temperaturen adoptiert. Diese Platintemperatur ist dadurch definiert, dass die Widerstandsänderung eines Platindrahtes zwischen 0^0 und 100^0 C. als fundamentales Intervall und innerhalb dieses Intervalles jede Änderung des Widerstandes als der zugehörigen Temperaturänderung proportional angenommen wird. Die schräge Gerade, welche hiernach in dem bezeichneten Intervall die Endpunkte der Ordinaten, die den Widerstand als Funktion der Temperatur darstellen, miteinander verbindet, wird nach beiden Seiten verlängert, und als „Platintemperatur" ergiebt sich die vom Nullpunkt aus nach der einen oder anderen Seite gerechnete Abscisse, zu welcher der bei der betreffenden Temperatur gemessene Widerstand des Drahtes als Ordinate gehört. Oder mit anderen Worten: die Platintemperatur (Callendar bezeichnet dieselbe zum Unterschied von den Celsiustemperaturen mit dem Symbol pt) ist bestimmt durch die Formel

$$pt = 100 \frac{R - R_0}{R_{100} - R_0}, \tag{3}$$

in welcher R, R_0 und R_{100} bezw. den bei der zu bestimmenden Temperatur, bei 0^0 und bei 100^0 gemessenen Widerstand des Platindrahtes bezeichnen. Die Ausführung der Temperaturbestimmung wird bei dieser Definition natürlich sehr vereinfacht; und ganz ebenso wie bei Anwendung der Gleichung (2) erhält man mit verschiedenen Platinthermometern sehr angenähert die gleichen Temperaturen. Die Differenz D zwischen den Angaben des Gasthermometers und denjenigen des Platinthermometers ist durch die parabolische Funktion

$$D = t - pt = d \cdot \frac{t}{100}\left(\frac{t}{100} - 1\right) \tag{4}$$

dargestellt, deren Faktor d durch Messung bei einer dritten Fixtemperatur bestimmt werden muss. Als solche benutzt Callendar für hohe Temperaturen den Siedepunkt des Schwefels ($444,53^0 + 0,82h$, wo h den Überdruck über 760 mm Hg bedeutet), für tiefe Temperaturen den Siedepunkt des Sauerstoffes ($-182,5^0 + 0,20h$). Das Platinthermometer bildet den Gegenstand einer Reihe eingehender Untersuchungen, die allerdings zumeist seine Anwendung für hohe Temperaturen betreffen; tiefen Temperaturen gelten besonders die Arbeiten von H. Dickson[1]) sowie von H. L. Callendar,[2]) woselbst auch Tabellen für die Reduktion der Platintemperaturen auf die Skala des Gasthermometers zu finden sind.

Mit der Temperaturbestimmung durch Widerstandsmessung teilt diejenige mit Hilfe des Thermoelementes den Vorzug, dass der Apparat bequem zu handhaben ist und dass derjenige Teil desselben, welcher sich an der Stelle befinden muss, deren Temperatur ermittelt werden soll, nur sehr wenig Raum beansprucht. Selbstverständlich aber bedarf das Thermoelement ebenso wie das Widerstandsthermometer einer empirischen Graduierung, das heisst es muss, während die eine Lötstelle des Thermoelementes eine konstante Temperatur behält, die andere der Reihe nach auf verschiedene anderweit bekannte Temperaturen gebracht und aus der für jeden Fall gemessenen elektromotorischen Kraft der Kombination eine Beziehung zwischen der Temperatur dieser Lötstelle und der thermoelektromotorischen Kraft gewonnen werden; und ebensowenig wie bei den Widerstandsthermometern ist es erlaubt, wenn man nicht eine neue Temperaturdefinition nach Art der Platintemperatur einführen will, die gefundene Formel erheblich ausserhalb des Temperaturbereiches, der ihrer Aufstellung zu Grunde gelegen hatte, zur Anwendung zu bringen; in der Nähe des neutralen Punktes werden die Angaben des Thermoelements überhaupt unzuverlässig und endlich bedarf das Thermoelement einer Kontrolle betreffs zeitlicher Veränderungen seiner E. M. K. Nicht jede thermoelektrische Kombination ist darum zur Messung tiefer Temperaturen geeignet. Die Beobachtungen, die Wroblewski 1885 an einem Thermoelement Neusilber-Kupfer anstellte, zeigen z. B., abweichend von den Schlussfolgerungen, die Wroblewski selbst daraus gezogen hatte, dass bei tiefen Temperaturen die Angaben dieses Elementes nicht als zuverlässig gelten können; dagegen fanden L. Cailletet und E. Colardeau[3]) für die Kombinationen Platin-Platinrhodium und Eisen-Kupfer bei -102^0 eine befriedigende Übereinstimmung mit dem Wasserstoffthermometer. Neuerdings haben L. Holborn und W. Wien[4]) die Kombination Eisen-Konstantan mit dem Wasserstoffthermometer verglichen. Bei sorgfältiger Auswahl der benutzten Drähte liefern verschiedene Exemplare dieses Thermoelementes übereinstimmende Angaben; die Beziehung zwischen der Temperatur an der Verbindungsstelle der beiden Metalle, während die Verbindungsstellen mit den zum Galvanometer führenden Drähten auf 0^0

1) Phil. Mag. (5), **44**, 445, 1897; **45**, 528, 1898.
2) Phil. Mag. (5), **47**, 191, 1899.
3) C. R. **108**, 1489, 1899.
4) Wied. Ann. **59**, 213, 1896.

erhalten werden, und der E. M. K. x (in Mikrovolt) ist durch die Formel

$$t = -0{,}01780\,x - 0{,}0000008784\,x^2$$

ausgedrückt. A. Ladenburg und C. Krüger[1]) finden allerdings, dass eine kubische Formel

$$t = -22{,}9049\,x + 1{,}07753\,x^2 - 0{,}18351\,x^3,$$

deren Konstanten sie mittels des Siedepunktes der flüssigen Luft und des Äthylens, sowie der Kohlensäure-Äthermischung bestimmen, die Beobachtungen genauer wiedergebe.

Ausgedehnte Untersuchungen über die elektrischen und magnetischen Eigenschaften der Körper bei tiefen Temperaturen verdanken wir J. A. Fleming und J. Dewar. Dieselben[2]) bestimmten den Leitungswiderstand der Metalle für Temperaturen von $+200^0$ bis -200^0; analog dem Verhalten bei höheren Temperaturen fand sich allgemein, dass der Widerstand mit sinkender Temperatur bei den reinen Metallen rapide abnimmt. Der Temperaturkoeffizient variiert von Metall zu Metall; bei reinem weichen Kupfer z. B. fand sich derselbe zwischen 0^0 und $100^0 = 0{,}00428$, etwas grösser als derjenige des Silbers; und da dieses Verhältnis auch für tiefere Temperaturen gilt, so müsste schliesslich für gleiche Temperatur das Kupfer besser leiten als das Silber. Besonders grosse Temperaturkoeffizienten, nämlich 0,00622 bezw. 0,00625 für das Intervall zwischen 0^0 und 100^0, haben die magnetischen Metalle Eisen und Nickel; diese besonders starke Zunahme des Leitungsvermögens dauert auch bei tiefen Temperaturen fort. Eine graphische Darstellung des spezifischen Leitungswiderstandes in seiner Abhängigkeit von der Temperatur erweckt den Anschein, als ob beim absoluten Nullpunkt der Leitungswiderstand sämtlicher Metalle gleich Null, jedes Metall also ein vollkommener Leiter würde; eine genauere Prüfung ergiebt jedoch, dass die Temperatur, bei welcher auf Grund einer Extrapolation der Leitungswiderstand verschwinden müsste, für die verschiedenen Metalle nicht ganz die gleiche ist; sie liegt z. B. für Platin nach Gleichung (2a) bei -258^0, für Silber, nach Callendars Umrechnung der Platintemperaturen von Fleming und Dewar auf das Gasthermometer, bei $-248{,}4^0$; Kupfer und Eisen dagegen würden bereits bei -223^0 vollkommene Leiter werden. Die letztere Zahl ist deshalb von besonderem Interesse, weil sie innerhalb des heute experimentell zugänglichen Temperaturintervalles liegt; eine experimentelle Verifizierung des durch Extrapolation gewonnenen Resultates dürfte deshalb geboten sein, wenn auch die Temperatur, bei welcher der Widerstand in einem Teile eines Stromkreises gleich Null wird, nicht leicht mit einiger Annäherung festzustellen ist.

Abweichend von den anderen Metallen verhält sich das Wismut, dessen Widerstand nach Fleming und Dewar[1]) durch Abkühlen erniedrigt wird, in einem transversalen Magnetfeld aber bei tiefer Temperatur auf einen Betrag steigt, der den bei gewöhnlicher Temperatur in dem gleichen Magnetfeld erreichten noch übertrifft. Folgende Zahlen wurden mit einem Draht aus elektrolytischem Wismut in einem zur Richtung desselben normalen Magnetfeld erhalten:

Temperatur	Stärke des Magnetfeldes in C. G. S.	
	0	14150
	Widerstand des Wismuts in Ohm	
19^0	1,46	2,34
-186^0	0,53	22,4 .

Schon geringe Verunreinigungen können das geschilderte Verhalten der Metalle wesentlich beeinflussen; der Zusatz einer kleinen Menge eines Metalles zu einem anderen hat zur Folge, dass die Widerstandskurve dieses letzteren parallel zu sich selbst um einen gewissen Betrag gehoben wird; so z. B. ist die Linie, welche die Änderung des Widerstandes einer Legierung von 6 Prozent Cu mit 94 Prozent Al mit der Temperatur darstellt, parallel zur Linie des Aluminiums, aber höher gelegen wie diese. Eine Folge dieses Verhaltens ist es auch, dass der Widerstand der Legierungen, abweichend von demjenigen der reinen Metalle, selbst bei den tiefsten Temperaturen nicht gegen Null konvergiert. Die höchsten Widerstände finden sich bei solchen Legierungen, deren Zusammensetzung einer bestimmten chemischen Verbindung entspricht. Mangan- und Nickelstahl zeigen, gleichzeitig mit der Änderung ihrer magnetischen Eigenschaften, bei einer bestimmten Temperatur eine plötzliche Richtungsänderung ihrer Widerstandskurve.

Bezüglich des thermoelektrischen Verhaltens der Metalle bei tiefen Temperaturen liegt — abgesehen von den bereits erwähnten Untersuchungen, welche die thermoelektrische Temperaturmessung zum Gegenstande haben — nur eine Arbeit von Fleming und Dewar[2]) vor. Zu derselben wurden Thermoelemente benutzt, die aus zwei dünnen durch einen Draht des zu untersuchenden Metalles miteinander verbundenen Bleidrähten hergestellt waren; die eine Verbindungsstelle wurde dauernd auf 0^0 gehalten, während die Temperatur der anderen zwischen -200^0 und $+100^0$ variiert wurde. Eine

1) Chem. Ber. **31**, 1818; **32**, 637.
2) Phil. Mag. (5), **36**, 271, 1893.

1) Proc. Roy. Soc. **60**, 72, 1896.
2) Phil. Mag. (5), **40**, 95, 1895.

graphische Darstellung der gemessenen thermoelektromotorischen Kräfte als Funktion der Temperatur ergiebt Kurven, welche in keinem Falle in ihrer ganzen Ausdehnung wirkliche Parabeln sind, sondern vielfach — z. B. beim Antimon — eine doppelte Krümmung besitzen, welche auf das Vorhandensein von mehr als einem neutralen Punkt mit Blei hinweist. Dementsprechend können auch die Linien des Taitschen Diagramms, welche das thermoelektrische Vermögen, das ist die Änderung der thermoelektromotorischen Kraft mit der Temperatur, als Funktion dieser letzteren darstellen, nur in einzelnen Fällen den gleichen geradlinigen Verlauf wie bei höheren Temperaturen aufweisen; in anderen Fällen, z. B. beim Eisen- und Klavierdraht, muss das thermoelektrische Diagramm eine gebrochene Linie bilden, deren Richtungsänderung einen Wechsel im Vorzeichen des Thomson-Effektes und somit wahrscheinlich eine tiefgehende Änderung der molekularen Struktur bei der betreffenden Temperatur bedeutet. Indessen bezeichnen Fleming und Dewar selbst ihre Untersuchungen auf diesem Gebiete als noch nicht abgeschlossen.

Die magnetischen Eigenschaften des Eisens und des Stahles werden durch tiefe Temperaturen in verschiedener Weise verändert; geringe Unterschiede in der Zusammensetzung und dem Härtegrad der einzelnen Eisen- und Stahlsorten scheinen dabei eine so wesentliche Rolle zu spielen, dass es noch nicht möglich ist, aus dem vorhandenen Beobachtungsmaterial allgemeine Schlüsse zu ziehen. Fleming und Dewar[1]) bestimmten das magnetische Moment kleiner Magnete, welche die Temperatur der Umgebung hatten oder durch Eintauchen in flüssige Luft auf die Temperatur dieser letzteren gebracht worden waren, mit Hilfe der ablenkenden Wirkung auf eine Magnetnadel; sie fanden, dass das Moment eines Magneten aus gewöhnlichem Stahl durch Abkühlen zunächst eine Verminderung und durch die Rückkehr zur Zimmertemperatur dann eine weitere Verminderung erfuhr; von da ab bewirkte jede neue Abkühlung eine Zunahme und die Rückkehr zur Zimmertemperatur darauf jedesmal eine entsprechende Abnahme des magnetischen Momentes. Die erste Abkühlung hatte also ein künstliches Altern des Magneten zur Folge. Die gleiche anfängliche Abnahme des magnetischen Momentes durch das erste Eintauchen in flüssige Luft fand sich sowohl bei gehärtetem Stahl von grosser Koerzitivkraft wie auch bei ausgeglühten Stahlproben; besonders stark war dieselbe bei einem Nickelstahl mit 19 Prozent Ni;

1) Proc. Roy. Soc. **60**, 57 und 81, 1896.

bei diesem aber bewirkte, nachdem der bleibende Zustand erreicht war, entgegengesetzt wie bei den anderen Proben die Abkühlung jedesmal eine Schwächung des magnetischen Momentes, die Rückkehr zur Zimmertemperatur eine entsprechende Wiederzunahme desselben. Bei hoher Temperatur verliert dieser Nickelstahl, wie die übrigen Sorten, sein magnetisches Moment; ein Maximum des letzteren wurde bei einer zwischen 30 und 50^0 liegenden Temperatur gefunden. Chromstahl zeigte bei der ersten Abkühlung keine Abnahme, sondern eine geringe Steigerung des magnetischen Momentes.

Versuche über den Einfluss tiefer Temperaturen auf die magnetische Permeabilität und den Hysteresisverlust ergaben, dass die Permeabilität von weichem schwedischen Eisen für magnetisierende Kräfte bis zu 25 C. G. S. durch Abkühlung auf -185^0 eine geringe Verminderung erfuhr, während der Hysteresisverlust unverändert blieb. Wurde dagegen dasselbe Eisen im nicht ausgeglühten Zustande untersucht, so nahm seine Permeabilität mit sinkender Temperatur zu und ein Teil dieser Zunahme blieb auch nach der Rückkehr zur Zimmertemperatur erhalten; überhaupt wurden die dauernden magnetischen Eigenschaften dieser Eisensorte durch Abkühlung und Erwärmung in einer Weise verändert, welche längere Versuchsreihen unmöglich machte; auch die Hysteresis zeigte bei tiefer Temperatur bald eine Zunahme, bald eine Abnahme. Deutlich trat die Zunahme der Permeabilität durch Abkühlung hervor bei einer durch Abschrecken gehärteten Probe desselben Eisens; dagegen verhielt sich Klavierdraht merkwürdigerweise wie ausgeglühtes Eisen.

Nach neueren Versuchen von A. H. Thiessen[1]) und G. Claude[2]) bleiben Permeabilität und Hysteresis beim Abkühlen bis zu -185^0 für starke Induktionen konstant oder erleiden nur eine geringe Abnahme, während für schwache induzierende Kräfte mit sinkender Temperatur eine beträchtliche Abnahme stattfindet.

Die magnetische Susceptibilität paramagnetischer Substanzen scheint sich nach Fleming und Dewar[3]) bis zu tiefen Temperaturen direkt wie die Dichte und umgekehrt wie die absolute Temperatur zu ändern. Dasselbe ist auch beim flüssigen Sauerstoff der Fall, für dessen Susceptiblität sehr angenähert derjenige Wert gefunden wurde, der sich unter obiger Voraussetzung auch durch Berechnung aus dem Werte für gasförmigen Sauerstoff ergiebt.

Über Dielektrizitätskonstanten bei tiefen Temperaturen liegen eine Reihe von Veröffent-

1) Physical Review **8**, 65, 1899.
2) C. R. **129**, 409, 1899.
3) Proc. Roy. Soc. **63**, 311, 1898.

lichungen vor. Fleming und Dewar[1]) haben die Dielektrizitätskonstanten von reinem und unreinem Eis, von erstarrten Elektrolyten und von einer Anzahl bei gewöhnlicher Temperatur flüssiger, bei den Versuchstemperaturen aber fester organischer Substanzen bei Temperaturen bis zu derjenigen der flüssigen Luft gemessen. Das Verfahren bestand darin, dass ein Kondensator, dessen Armaturen aus zwei abgestumpften Hohlkegeln gebildet waren, zwischen welchen sich die zu untersuchende Substanz befand, vermittelst einer konstanten elektromotorischen Kraft durch ein Galvanometer hindurch abwechselnd geladen und entladen wurde; Ladung und Entladung wurden durch einen Stimmgabelunterbrecher von 124 Schwingungen pro Sekunde bewirkt und die Gleichheit der Ausschläge des Galvanometers für den Ladungs- und Entladungsstrom galt als Beweis für das Fehlen eines merklichen Leitungsvermögens; die Versuche wurden abgebrochen, sobald die Temperatur einen Punkt erreicht hatte, bei welchem diese Bedingung nicht mehr erfüllt war.

Die Dielektrizitätskonstante des Eises ist, wie bekannt, wiederholt bestimmt worden, die Ergebnisse aber lauten widersprechend: mit langsamen Schwingungen waren Werte gefunden worden, die nahe bei 80 lagen, also der Dielektrizitätskonstante des Wassers entsprachen, während mit rascheren Schwingungen sich Werte von nur etwa 3 ergeben hatten. Fleming und Dewar finden nun, wenn das Eis aus sorgfältig gereinigtem destilliertem Wasser hergestellt war, bei — 206⁰ bis — 175⁰ (die Temperaturen sind diejenigen des Platinthermometers) eine Dielektrizitätskonstante = 2,43, die nach dem Verlauf ihrer Abhängigkeit von der Temperatur bei 0⁰ etwa 80 betragen müsste; indessen konnten die Messungen nicht bis zu diesem Punkte verfolgt werden, weil bereits bei einer erheblich tieferen Temperatur sich ein merkliches Leitungsvermögen einstellte. Auch die Dielektrizitätskonstante des Glyzerins fand sich bei — 200⁰ = ca. 3 mit starkem Anwachsen bei steigender Temperatur. Der Verlauf der Kurven für Eis und Glyzerin zeigt, dass die Dielektrizitätskonstanten beider Substanzen bei einer gewissen Temperatur ein Maximum besitzen müssen; an Eis, welches aus gewöhnlichem destillierten Wasser hergestellt war, konnte dieses Maximum bei — 65⁰ direkt nachgewiesen werden.

Gefrorene Lösungen von Elektrolyten zeigen nach Fleming und Dewar bei tiefen Temperaturen ein verschiedenes Verhalten. Ein Teil der Substanzen beeinflusst, auch wenn dieselben in grossen Mengen (5—50 Proz.) dem Wasser zugesetzt sind, die Dielektrizitätskonstante nicht wesentlich und man findet bei der Temperatur der flüssigen Luft Werte zwischen 2 und 3; andere Elektrolyte dagegen erhöhen den Wert der Dielektrizitätskonstante auf 3 bis 10, während eine dritte Gruppe bei der Temperatur der flüssigen Luft Dielektrizitätskonstanten im Werte 30 bis 70, also von der Grössenordnung derjenigen des Eises beim Schmelzpunkt, aufweist. Fleming und Dewar sind allerdings der Ansicht, dass bei noch tieferen Temperaturen auch die Dielektrizitätskonstanten der zweiten und dritten Gruppe schliesslich auf einen Wert zwischen 2 und 3 sinken würden; indessen fehlt hierfür bislang der experimentelle Beweis. Der Widerstand der gefrorenen Elektrolyte ist bei den tiefsten Temperaturen im allgemeinen sehr gross, sinkt aber mit wachsender Temperatur und nimmt plötzlich bedeutend ab bei einer Temperatur, die noch weit unterhalb des Schmelzpunktes liegt. Ähnliche Verschiedenheiten wie bei den Salzlösungen zeigen sich auch bezüglich des Einflusses anderer im Eis gelöster oder suspendierter Stoffe (Oxyde und Hydrate) auf die Dielektrizitätskonstante; die einen beeinflussen dieselbe nicht wesentlich, während andere dem Eise, auch wenn dasselbe nur geringe Mengen davon enthält, noch bei der Temperatur der flüssigen Luft eine ungemein hohe Dielektrizitätskonstante erteilen. Auch dieser Einfluss würde indessen nach der Ansicht von Fleming und Dewar bei noch tieferen Temperaturen verschwinden.

Die Genannten untersuchten ferner eine Reihe organischer Flüssigkeiten, welche erst bei tiefen Temperaturen in den festen Zustand übergehen. Die Versuche bestätigten zunächst die Erfahrung, dass die Anwesenheit der Atomgruppen *HO*, *CO* und *COOH* im Molekül stets verhältnismässig hohe Dielektrizitätskonstanten bedingt, so lange die betreffende Substanz noch flüssig oder nicht weit unter ihren Erstarrungspunkt abgekühlt ist; starke Temperaturerniedrigung hebt aber die Wirkung dieser Gruppen auf und führt zu Dielektrizitätskonstanten zwischen 2 und 3.

Die Resultate von Fleming und Dewar bezüglich des dielektrischen Verhaltens von Eis und gefrorenen Elektrolyten sind von R. Abegg[1]) einer Kritik unterzogen worden. Derselbe macht geltend, dass in dem Kondensator, dessen Dielektrikum der gefrorene Elektrolyt bildet, durch den Ladungsstrom eine elektrolytische Polarisation hervorgerufen werden müsse, dass also die beobachtete Kapazität nicht nur dielektrischer Natur sei, sondern zu unberechenbaren Beträgen auch aus Polarisations-

1) Proc. Roy. Soc. 61, 2, 299, 316, 358, 368 und 380, 1897; 62, 250, 1898.

1) Wied. Ann. 62, 249, 1897.

kapazität bestehe; die Gleichheit des Ladungs- und Entladungsstromes, die von Fleming und Dewar als Beweis für das Fehlen dieses Einflusses betrachtet wurde, verliere diese Bedeutung, sobald, wie es bei tiefen Temperaturen der Fall sei, die Depolarisationsgeschwindigkeit so gering geworden sei, dass der Vorgang praktisch als umkehrbar gelten könne. Versuche an einer Mischung von Salzsäure und Alkohol mit polarisierenden Kräften bis zu 1,45 Volt dienen Abegg zur Stütze seiner Ansicht. Bei ihren ersten Messungen hatten Fleming und Dewar in der That diesen Betrag der Spannung des Ladungsstromes nicht überschritten; in der Folge nahmen sie jedoch Messungen mit höheren Ladungsspannungen vor und diese ergaben Werte, welche in der Grössenordnung mit den früher gefundenen übereinstimmten. Nach der Nernstschen Brückenmethode und mit einer höheren Wechselzahl des zur Messung benutzten Ladungsstromes (350 Wechsel pro Sekunde gegen die früheren 124) bekamen allerdings auch Fleming und Dewar für einige gefrorene Elektrolyte bedeutend geringere Zahlen als bei den früheren Messungen (7,12 gegen 123,0 für Kaliumhydrat; 3,55 gegen 81,6 für Rubidiumhydrat; 3,6 für gewöhnliches Eis); indessen ist Abegg[1]) der Ansicht, dass auch diese Versuche die Frage der Dielektrizitätskonstante des Eises noch nicht einwandsfrei beantworten, weil die Resultate der einzelnen Messungen zu sehr voneinander abweichen. Beim Erstarren unreinen Wassers gehe eine Konzentration der Verunreinigung zu gesättigten Lösungen vor sich; diese bleiben bis zu ihrer möglicherweise sehr tief liegenden kryohydratischen Temperatur flüssig, durchsetzen das Eis in Gestalt eines Netzwerkes leitender Kanälchen und sind durch ihre zufällige Form von wesentlichem Einfluss auf die scheinbare Kapazität des Kondensators. Fleming und Dewar dagegen wollen die grossen Unterschiede zwischen den nach ihrer ursprünglichen und nach der Nernstschen Methode erhaltenen Zahlen lediglich auf Rechnung der verschiedenen Frequenz des in beiden Fällen benutzten Stromes setzen — ein Faktor, dessen Einfluss auch Abegg nicht verkennt, den er jedoch zur Erklärung der beobachteten Verschiedenheiten nicht für ausreichend erachtet. Zur Entscheidung der wichtigen Frage sind also noch weitere Versuche erforderlich. (Schluss folgt.)

1) Wied. Ann. **65**, 229 und 923, 1898.

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

J. Drecker (Aachen), Referat über direkte Farbenphotographie.

Zwei Ursachen sind es, welche uns einen Körper farbig erscheinen lassen: Absorption und Interferenz. Bei der Absorption wird die Energie bestimmter Strahlengattungen in eine andere Energieart (chemische, thermische, elektrische) verwandelt. Bei der Interferenz findet ein solcher Umtausch von Lichtenergie nicht statt, wir sehen Interferenzfarben bei dünnen, durchsichtigen Blättchen, bei Krystallen im polarisierten Lichte u. s. w. Beide Arten von Farben können durch Photographie erzeugt werden. Seebeck hatte schon im Jahre 1810 die Beobachtung gemacht, dass vorbelichtetes, grau gewordenes Chlorsilber unter Einwirkung farbigen Lichtes selbst die Belichtungsfarben annimmt. 30 Jahre später entdeckte diese vergessene Thatsache Herschel aufs Neue. Aber erst Becquerel erkannte die grosse Bedeutung der Sache und machte weitergehende Versuche, vor allem auch mit chlorierten Silberplatten, auf welchen er weit glänzendere Farben erzielte. Poitevin nahm die Versuche mit vorbelichteten Chlorsilberpapier wieder auf und machte auf diesem Gebiete grosse Fortschritte durch besondere Präparation des Papiers. Allen den so hergestellten Bildern haftet der Fehler an, dass sie nicht fixierbar sind.

Zenker erklärte die entstehenden Farben durch die Annahme, dass die in das Chlorsilber eindringenden Lichtstrahlen an der Rückseite reflektiert würden und nun mit den ankommenden stehende Lichtwellen bildeten. Dann wird die chemische Wirkung des Lichtes nur in den Bäuchen der stehenden Wellen auftreten, dagegen in den Knoten ausbleiben. Es entsteht also ein Körper mit geschichtetem Bau, der Abstand je zweier Schichten beträgt eine halbe Wellenlänge des erzeugenden Lichtes. Fällt nun auf einen solchen Körper weisses Licht, so werden diejenigen Strahlen, welche mit der Belichtungsfarbe gleiche Wellenlänge haben, von sämtlichen Elementarschichten in gleicher Phase reflektiert, da der Wegunterschied der von je zwei aufeinanderfolgenden Schichten reflektierten Strahlen eine ganze Wellenlänge ist. Andersfarbiges Licht erleidet eine Phasendifferenz und wird durch Interferenz ausgelöscht, um so mehr, je mehr es von der Belichtungsfarbe abweicht. Experimentell wurden

stehende Lichtwellen, wie sie von Zenker in einer Erklärung der Farbenbildung angenommen wurden, erst im Jahre 1890 durch Wiener nachgewiesen. Ein Jahr später gelang es Lippmann durch absichtliche Hervorrufung derselben farbige Photographien herzustellen. Lippmann setzt in die Kamera eine besonders präparierte Bromsilber-Gelatine- oder Eiweissplatte, die Glasseite dem Objektiv zugekehrt und bringt hinter die Schicht Quecksilber. Das Licht geht durch die klare Schicht zum Quecksilber und die vom Quecksilber reflektierten Wellen bilden mit den ankommenden stehende Wellen. Die Resultate Lippmanns sind als glänzende Bestätigung der Zenkerschen Theorie aufzufassen, soweit sich dieselbe auf die Becquerelschen Bilder auf polierten Silberplatten bezieht, bei denen ja die Verhältnisse ganz so wie bei den Lippmannschen Platten liegen; dagegen war diese Theorie nicht aufrecht zu halten für die Seebeckschen und Poitevinschen Bilder; in pulverförmigen Körpern und auf Papierunterlage sind stehende Wellen nicht denkbar. Eine experimentelle Unterscheidung zwischen Körperfarben und Absorptionsfarben ist heute leicht und die Probe ergiebt in Uebereinstimmung mit den theoretischen Überlegungen, dass auf Becquerelschen Silberplatten und auf den Lippmannschen Platten Interferenzfarben, dagegen auf Seebecks und Poitevins Bildern Absorptionsfarben vorhanden sind. Neuerdings ist es noch Neuhauss gelungen, die Elementarschichten in Eiweisshäutchen, auf welchen nach Lippmanns Verfahren das Spektrum photographiert war, direkt mit dem Mikroskop bei 4000 facher Linearvergrösserung nachzuweisen. Die Schichten haben im Rot des Spektrums einen Abstand von 220 bis 250 $\mu\mu$. $\left(\frac{\lambda}{2} : n\right)$.

Eine Erklärung der Entstehung der Körperfarben in den Seebeckschen und Poitevinschen Bildern gab Wiener, gestützt auf den Nachweis Krones und Carey-Leas, dass es Körper giebt, welche unter Einwirkung des Lichtes sich so ändern können, dass Verbindungen entstehen, welche Farben in fast allen Abstufungen des Spektrums zeigen. Diese durch Einwirkung des Lichtes primär entstandenen farbigen Verbindungen sind ihrerseits wieder farbenempfindlich, d. h. sie verändern sich noch weiter und bilden neue farbige Verbindungen. Von diesen Verbindungen wird nun diejenige allein nicht weiter geändert, bleibt also erhalten, welche mit der Belichtungsfarbe gleichfarbig ist, denn diese wirft das auffallende Licht zurück, absorbiert es nicht, kann also auch nicht durch dasselbe verändert werden. Man hat bis jetzt noch kein Mittel gefunden, diese Farben zu fixieren, obgleich die Möglichkeit einer Fixierung durch Analogie mit den Erfahrungen auf dem Gebiete der Färbetechnik von Geweben nahe gelegt ist.

Bezüglich der Lippmannschen Interferenzbilder waren noch eine Reihe strittiger Punkte aufzuklären, namentlich zeigte sich eine nicht genügende Übereinstimmung der Farben mit den Belichtungsfarben. Wiener gelang es im vorigen Jahre, auch hier Klarheit zu schaffen. Er zeigte, dass der Hauptgrund der Nichtübereinstimmung in der Wirkung der Oberflächenreflexion zu suchen sei. Während nämlich der Phasenunterschied der von je zwei Zenkerschen Schichten reflektierten Wellen gleich Null ist, zeigt die von der Oberfläche reflektierte Welle eine Phasenverschiebung gegen die aus der Schicht kommenden Wellen, und bewirkt eine Verschiebung der Farbe nach der roten Seite des Spektrums. Mit der Aufdeckung der Ursache des Fehlers war auch das Mittel zur Abhilfe gegeben, nämlich die Ausschaltung der Oberflächenreflexion durch ein aufgekittetes Glasprisma. Diesen Weg hat Neuhauss eingeschlagen, und es ist ihm gelungen, Bilder herzustellen, welche mit den Originalen sehr gute Farbenübereinstimmung zeigen, wie die durch Projektion vorgezeigten Proben (Spektrum, Pflanzen, Vögel, Porträt) beweisen.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 30. September 1900.)

REFERATE.

Elektrotechnik.
Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Das Slaby-Arcosche System der Funkentelegraphie.

Im folgenden soll nach Angaben der Electrical Review[1]) die Slaby-Arcosche Funkentelegraphie, welche sich von dem Marconischen System in einigen Punkten wesentlich unterscheidet, kurz beschrieben werden.

Das Hauptunterscheidungsmerkmal beider Systeme besteht darin, dass die Luftleitung resp. das Drahtnetz bei Marconi gegen die Erde gut isoliert wird, bei der Slaby-Arcoschen Anordnung dagegen sowohl beim Geber als auch Empfänger geerdet ist.

Anordnung von Sende- und Empfangsstation

1) Electric. Review, London, 31. Aug. 1900.

sind in beifolgender Figur 1 schematisch dargestellt.

Der Kondensator *C* aus Micanit wird durch den grossen Funkeninduktor *J* geladen; letzterer kann direkt an eine Lichtleitung unter Benutzung eines Turbinenunterbrechers angeschlossen werden. Dieser Unterbrecher ist mit einem Telegraphentaster ausgerüstet. Da der gewöhnliche Morsetaster bei Anwendung grösserer Stromstärken infolge starker Lichtbogenbildung einer schnellen Abnutzung unterliegt und unexakt arbeitet, ist die Anordnung des Turbinen-Morsetasters eine derartige, dass die Welle der Turbine verschiebbar ist und an einem doppelarmigen Tasterhebel sitzt, durch den sie gehoben oder gesenkt werden kann.

In der Ruhelage des Tasters rotiert der aus der Düse des Unterbrechers ausspritzende Quecksilberstrahl unterhalb des Segmentringes. Wird der Taster heruntergedrückt, so wird dadurch die Turbinenwelle gehoben und der Quecksilberstrahl trifft gegen den Segmentring und bewirkt die periodischen Stromschlüsse und

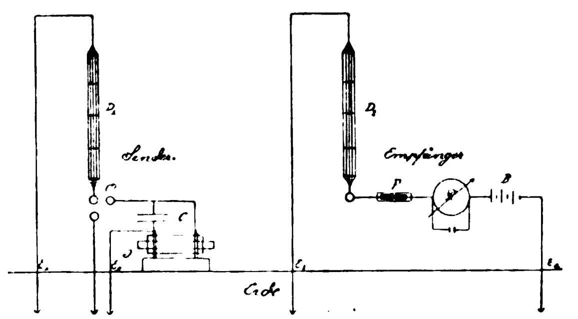


Fig. 1.

Unterbrechungen. Beim Loslassen des Tasters sinkt die Welle durch ihr eigenes Gewicht in die Tieflage zurück. Die Kondensatorenladung erfolgt einerseits über die Oscillatorstrecke *O* und den für die Übertragung bestimmten Drahtnetz D_1 durch E_1, anderseits durch E_2 direkt zur Erde.

Bei dem Empfangsapparat sind das geerdete Luftdrahtnetz D_2, der Fritter *F*, das Relais *R* des Morseapparates und Klopfers und die Batterie *B*, die an Erde liegt, in Serie geschaltet. Durch diese Anordnung wird die Schwächung der elektrischen Wellen vermieden, die bei Marconi durch den im Nebenschluss zum Kohärer befindlichen Lokalstromkreis eintrat.[1]) Ausserdem sind auch atmosphärische Störungen infolge der Erdung des Luftdrahtes beseitigt. Eine weitere Vervollkommnung liegt in der Einführung einer selbstthätigen Unterbrechung des Kohärerstromes.[2]) Der Schlag des Klopfers gegen die Frittröhre erfolgt erst in dem Moment, wo letztere stromlos ist, so dass die bei der Unterbrechung des Stromes entstehenden Funken nicht innerhalb der Röhre auftreten, wodurch die Haltbarkeit des Fritters wesentlich erhöht wird. Zu diesem Zweck ist eine besondere Stromschlussstelle *p* im Stromkreise der Frittröhre *F* angeordnet, welche gewöhnlich geschlossen ist, bei Bewegung des Klopfers *K* gegen die Frittröhre *F* jedoch unterbrochen wird, und zwar bevor der Klopfer die Röhre berührt, so dass der Schlag auf die Röhre nach Auftreten des Funkens im Klopferkreise und im stromlosen Zustande der Röhre ausgeführt wird. In der Figur 2 bezeichnet *E* eine Ortsbatterie, *R* ein Relais, *L* eine Hilfsbatterie, *M* den Morseschreiber, *K* einen Klopfer, *p q* sind die Stromschlussstellen. Die Wirkungsweise dieser Schaltung ist folgende: der Strom-

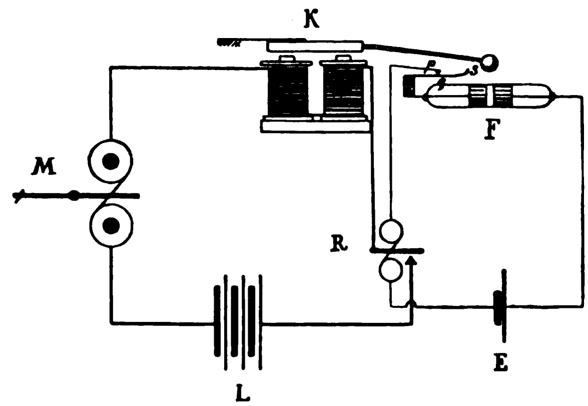


Fig. 2.

schluss *p q* sei geschlossen. Bei Bestrahlung fliesst aus *E* durch das Relais *R* ein Strom. Das Relais schliesst den aus der Batterie *L*, dem Morseschreiber *M* und dem Klopfer *K* bestehenden Stromkreis; der Klopferhebel nähert sich der Frittröhre *F*, öffnet dabei durch einen Anschlag *s* den Stromschluss *p q*, ohne dass ein merklicher Öffnungsfunke entsteht, schlägt schliesslich noch gegen die Röhre und stellt so wieder den losen Kontaktzustand her. In dem Augenblicke, wo *p q* geöffnet wird, beginnt auch das Relais den Lokalstrom zu unterbrechen.

Eine andere Verbesserung besteht in der Veränderung der Empfindlichkeit des Kohärers mittelst hermetisch eingesetzter Leitungsdrähte.

Es sei noch erwähnt, dass die blanken Drähte der Luftdrahtnetze einen Cylindermantel bilden; durch in grösseren Zwischenräumen angebrachte Kreisringe aus isolierendem Material werden sie in ihrer Lage festgehalten.

Das System dient vor allem für Übertragung von Mitteilungen zwischen Schiffen, ist in der deutschen Kriegsmarine eingeführt und arbeitet vollkommen zuverlässig auf Entfernungen bis zu

1) Ein gleiches wird durch die in I, 616, 1900 dieser Zeitschrift beschriebene Transformator-Anordnung der Funkentelegraphenstation Borkum erreicht.

2) Vgl. D. R. P. No. 113, 285.

50 km. Mehrere Apparate dieses Systems finden auch Verwendung auf dem chinesischen Kriegsschauplatz. Als Stromquelle dient dort eine Akkumulatorenbatterie, die durch den Motor eines Automobils geladen wird. Die Apparate werden von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin gebaut und auch auf der Pariser Weltausstellung (Elektrizitätspalast) im Betriebe vorgeführt.

Eine ca. 15 km lange Überlandstrecke dieses Systems befindet sich auch in Berlin und zwar besteht eine Verbindung zwischen dem Kabelwerk Oberspree in Niederschönweide und dem Centralbureau der A.-E.-G. am Schiffbauerdamm in Berlin. Die vertikalen ca. 50 m hohen Drähte sind an zwei hohen Schornsteinen der Elektrizitätswerke angebracht. E. Ruhmer.

(Eingegangen 24. September 1900.)

BESPRECHUNGEN.

O. Behrendsen, Die mechanischen Werkstätten der Stadt Göttingen, ihre Geschichte und ihre gegenwärtige Einrichtung. Melle i. Hannover, F. E. Haag. 1900. M. 2.—.

Die vorliegende Schrift ist aus dem Gedanken hervorgegangen, dass ein gewisses korporatives Zusammenwirken sowohl örtlich als auch dem Geschäftszweige nach nur fördernd auf den gemeinsamen Umsatz einwirken kann. Es war daher den Göttinger Mechanikern, unter denen Firmen von hervorragender Bedeutung sind, zunächst nahe gelegt worden, eine gemeinsame Agentur zu gründen, welche bestimmt sei, Aufträge für die in Göttingen vertretenen Betriebe zu sammeln und sie den einzelnen Geschäften zu überweisen. Eine speziellere Prüfung dieses Vorschlages zeigte aber, dass verschiedene Geschäftsinhaber aus sachlichen Gründen eine Verwirklichung, als mit ihren gegenwärtigen Vertretungen kollidierend, ablehnen mussten. Die Ausführung der gegebenen Anregung erhielt daher eine andere Gestalt, welche zugleich durch die mit in Frage gebrachte Absicht, auf der Pariser Weltausstellung gemeinsam aufzutreten, beeinflusst wurde, so dass die Form einer Denkschrift gewählt wurde, die neben Mitteilungen über die gegenwärtig bestehenden Firmen auch als dritten mehr wissenschaftlich gehaltenen Teil eine Schilderung enthalten sollte, in welcher Weise die Göttinger mechanischen Werkstätten an der Entwicklung der deutschen Mechanik teilgenommen haben, und welchen Einfluss und welche Förderung die der Georgia Augusta angehörigen Gelehrten auf die einzelnen Werkstätten gehabt haben. Während die Beschreibungen der Werkstätten und ihrer Erzeugnisse jenen selbst oblag, hatte Prof. Behrendsen die Abfassung des ersten Teiles übernommen. In der That kann nun dieser erste Teil des uns vorliegenden, vor einigen Monaten erschienenen Werkes als ein höchst interessanter Beitrag zur Geschichte der mechanischen Kunst in Deutschland betrachtet werden, indem dort an der Hand authentischen Materials in vorwiegend historischer Form geschildert wird, wie bis zum Ende des 18. Jahrhunderts die Göttinger und mit ihnen zugleich fast alle deutschen Mechaniker im wesentlichen von ausländischen, namentlich englischen Vorbildern abhängig waren, dann aber durch die Einwirkung von Bessel, Gauss, Schumacher und die bedeutenderen technischen Künstler wie Reichenbach, die Repsolds, Fraunhofer, Ertel u. a. die deutsche Mechanik selbständig wurde und nunmehr zum Schlusse des eben verflossenen Jahrhunderts zu hoher Blüte gelangt ist.

Prof. Behrendsen zeigt, wie in Göttingen erst mit der Gründung der Sternwarte und namentlich durch Tobias Mayer ein Mechaniker, der Senator Lebrecht Kampe, in den Vordergrund tritt, dem dann der „Universitäts-Optikus" Joh. Christian Baumann folgt. In naher Verbindung mit einer an der Universität gegründeten sog. „Modellkammer", welche allerlei physikalische, mathematische und technische Apparate und Modelle solcher enthielt,[1]) standen u. a. die Mechaniker Riepenhausen, Reus, Gotthard und Ciechansky. — Die Gründung eines Physikalischen Instituts durch Georg Chr. Lichtenberg um das Jahr 1775 hatte weiteren belebenden Einfluss auf die Ausbildung der mechanischen Kunst in Göttingen. — Zu Beginn des 19. Jahrhunderts tritt in erster Linie Friedrich Apel hervor, der unter Tobias Mayer d. Jüngeren und später unter Gauss als Mechaniker für die Göttinger wissenschaftlichen Institute arbeitete. Neben diesen zeichnet sich als hervorragender Mechaniker Rumpf aus. Durch Gauss und Wilh. Weber wurden wieder neue Aufgaben gestellt, welchen der in den dreissiger Jahren auf der Höhe seiner Leistungsfähigkeit stehende Friedr. Apel und der später zu grossem Ansehen gelangte Moritz

1) Diese „Modellkammer" hat noch bis vor wenigen Jahren bestanden, sie wurde nach Abgabe der astronomischen und physikalischen Instrumente durch Geh. Rath Klein in eine Sammlung mathematischer Modelle umgewandelt.

Meyerstein gerecht zu werden suchten. — Je grösser die Anforderungen an die Genauigkeit der Instrumente wurden und je ausgedehnter deren Bedarf und je grösser ihre Mannigfaltigkeit wurde, desto mehr spezialisierte sich deren Herstellung. Die einzelnen Firmen befassten sich nicht mehr mit dem Bau aller möglichen Apparate, sondern sie suchten auf engerem Gebiete Vortreffliches zu leisten, was nur bei der gehörigen Beschränkung möglich ist. Demgemäss begegnen wir nun in dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts einer grösseren Reihe von Mechanikern, die nach ihren Leistungen und ihren Spezialbetrieben eingehend geschildert werden. Darunter das noch heute unter Dr. M. Apel bestehende Geschäft, die weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannten Firmen Wilh. Lambrecht, Rudolf Winkel, Voigt & Hochgesang (jetzt unter R. Brunnée), F. Sartorius, August Becker (Nachfolger Meyersteins), G. Bartels, Carl Diederichs (jetzt Spindler & Hoyer) und das schnell aufblühende Elektrotechnische Geschäft von Gebr. Ruhstrat.

So giebt Prof. Behrendsen ein frisch und anziehend geschriebenes Bild einer kleinen „Episode“ aus der grossen Geschichte der mechanischen Kunst, welches die interessanten Wechselbeziehungen zwischen Künstler und Gelehrten in vielen Punkten erkennen lässt. — Dem reihen sich als zweiter Teil, wie bemerkt, die Einzeldarstellungen der verschiedenen Göttinger Mechaniker an, in denen sie die von ihnen hergestellten Apparate und auch zum Teil die dabei zur Geltung gebrachten Prinzipien in eingehender Weise schildern. Es würde hier viel zu weit führen, im speziellen auf diese Schilderungen einzugehen, es mag hier nur genügen, wenn die beteiligten Firmen mit den von ihnen in vorwiegendem Masse vertretenen Gebieten namhaft gemacht werden und zur eigenen Lektüre dieser Schilderungen alle, die es angeht, aufgefordert werden.

August Becker — Mikrotome der verschiedensten Art; Wilh. Lambrecht — Meteorologische Instrumente; Gebr. Ruhstrat — Elektrotechnische Apparate und Installationen; F. Sartorius — Präzisionswagen aller Art und hygienische Apparate (Wärmekästen u.s.w.); Spindler & Hoyer (C. Diederichs) — Geodätische, magnetische und physikalische Instrumente; Voigt & Hochgesang (Inh. R. Brunnée) — Optische und mechanische Apparate, Mikroskope, Goniometer und reiche Sammlungen von Dünnschliffen, Wagen; Rudolf Winkel — Mikroskope zu allen Zwecken, insbesondere solche, die den höchsten Anforderungen genügen.

Eine vorzügliche Ausstattung sowohl im Druck als auch durch reichen Figurenschmuck gereicht dem Werkchen zum Vorzug. Dasselbe ist sowohl im Buchhandel (Mk. 2) zu haben, als auch auf Verlangen von den beteiligten Firmen, welche es Interessenten gerne gratis zukommen lassen, um ihnen einen Einblick in den erheblichen Umfang und die Bedeutung der Göttinger mechanischen Werkstätten zu gewähren. L. A.

(Eingegangen 25. September 1900.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Behrendsen, O., Die mechanischen Werkstätten der Stadt Göttingen, ihre Geschichte und ihre gegenwärtige Einrichtung. Denkschrift, herausgegeben bei Gelegenheit der im Jahre 1900 zu Paris stattfindenden Weltausstellung von den vereinigten Mechanikern Göttingens. Melle, F. E. Haag. 1900. 148 S. M. 2.—.

Ebert, H., Die Theorie des Elektromagnetismus. Mit 17 Abbildungen. Leipzig, S. Hirzel. 1900. VIII u. 83 S. M. 4.50.

Föppl, Aug., Vorlesungen über technische Mechanik. Zweiter Band. Graphische Statik. Mit 166 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner. 1900. X u. 452 S. Preis gebunden M. 10.—.

Fortschritte der Physik im Jahre 1899. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 55. Jahrgang. Erste Abteilung, enthaltend Physik der Materie, redigiert von Richard Börnstein und Karl Scheel. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1900. LXXVIII u. 693 S. M. 26.—.

Kayser, H., Handbuch der Spektroskopie. Erster Band. Geschichte der Spektroskopie. Beschreibung und Theorie der Apparate. Mit 251 Figuren. Leipzig, S. Hirzel. 1900. XXIV u. 784 S. M. 40.—; gebunden M. 44.—.

Kollert, J., Die galvanischen und thermoelektrischen Stromquellen. Mit 35 Abbildungen. Leipzig, S. Hirzel. 1900. IV u. 56 S. M. 3.—.

Zeuner, Gustav, Technische Thermodynamik. 2. Auflage (zugleich 4. vollständig neubearbeitete Auflage der „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie“). Erster Band. Fundamentalsätze der Thermodynamik. Lehre von den Gasen. Mit 65 in den Text gedruckten Holzschnitten. Leipzig, Arthur Felix. 1900. XVI u. 436 S. M. 13.—.

Personalien.

Dr. Ferdinand Anton, Leiter des k. k. astronomisch-meteorologischen Observatoriums in Triest, ist daselbst im 57. Lebensjahre am 3. Oktober gestorben.

Professor Dr. Richard Abegg (Breslau), der kürzlich ernannte Extraordinarius für physikalische Chemie, hat einen Ruf als ordentlicher Professor an die Universität Christiania abgelehnt.

Berichtigungen.

Das Vorlesungsverzeichnis für Winter-Semester 1900/1901 der Technischen Hochschule zu Braunschweig ist durch die folgenden Vorlesungen zu ergänzen: **Wernicke**: Mechanik. — **R. Meyer**: Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Biehringer und Maier). — **Reinke**: Technische Chemie I: Arbeiten im Laboratorium für Zucker, Stärke und Gährungstechnik (mit Krause). — **Troeger**: Chemie der Urgoldderivate. — **Beckurts**; Maassanalyse, Abwässerreinigung, Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, technische Rohstofflehre, gerichtliche Chemie; chemisches Praktikum auf dem Gebiet der gerichtlichen Chemie, der Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln u. s. w (mit Troeger und Frerichs).

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 4. 27. Oktober 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Turin (Direktor A. Naccari.)

No. 1: A. Garbasso, Zwei Modelle für einen elektrischen Entladungsvorgang in Gasen.

Es ist bekannt, dass H. Hertz bei Beobachtung der kleinen Funken, welche durch Resonanz in den Sekundär-Leitern erregt werden, fand, dass ihre Länge bei Gleichheit aller übrigen Bedingungen, von der Anwesenheit der induzierenden Funken abhängt.[1]) Umgiebt man die Unterbrechungsstrecke des Resonators mit einer undurchsichtigen Umhüllung, derart dass man von ihr die primäre Funkenstrecke nicht mehr sehen kann, so werden die induzierten Funken merklich kürzer. Hertz überzeugte sich bald, dass die Wirkung, in ihrem hauptsächlichsten Teil wenigstens, den ultravioletten Strahlen zuzuschreiben ist, welche der induzierende Funken aussendet, und er zeigte, wie man die nämliche Erscheinung mit Hilfe des Voltaschen Lichtbogens erzeugen kann.

Später stellten E. Wiedemann und H. Ebert fest, dass die Einwirkung der ultravioletten Strahlen ausschliesslich an der negativen Elektrode vor sich geht.[2]) Der vollständige Charakter der Erscheinung und ihre verschiedenen Formen wurden erst durch die Arbeiten von A. Sella und Q. Maiorana bekannt. Indem letztgenannte Physiker die Wirkungsweise einer Röntgenröhre und eines Voltaschen Bogens einander gegenüber stellten, zeigten sie, dass die von Hertz beobachteten Erscheinungen in ganz bestimmter Weise an die Grösse des Entladungsintervalls gebunden sind; denn wenn dasselbe über eine gewisse Grenze hinauswächst, so wird der Übergang der Funken anstatt erleichtert, sowohl durch die ultravioletten wie durch die X-Strahlen gehindert. In diesem Fall wird die Wirkung vom negativen auf den positiven Konduktor verlegt.[1])

* * *

Ein erstes Modell für die soeben erwähnten Erscheinungen ist theoretisch von V. Volterra beschrieben worden. Seine Berechnungen gründen sich auf die Erforschung derjenigen Vorgänge, die man für einen Elektrolyten unter gegebenen Bedingungen voraussehen kann.[2])

Wir nehmen an, dass der Strom aus einer Batterie S in eine einheitliche, in einem Voltameter V enthaltene Lösung geleitet wird; dessen Elektroden A und K Anode resp. Kathode sind.

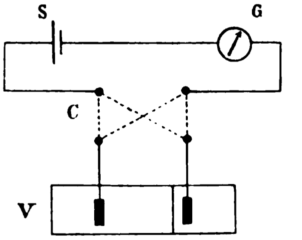


Fig. 1.

Die Intensität des Stromes wird mittelst eines in den Stromkreis eingeschalteten Galvanometers G gemessen. Sodann denken wir uns, dass das Voltameter aus einem Gefässe mit rechteckigem Boden besteht, und dass die Elek-

1) Wied. Ann. 31, 983, 1887.
2) Wied. Ann. 33, 241, 1888.

1) Rend. R. Acc. dei Lincei (5) 5, 1. Sem., 323, 1895.
2) Rend. R. Acc. dei Lincei (5) 6, 1. Sem., 389, 1897.

troden zwei Scheiben sind, die in der Entfernung L zwei gegenüberstehenden Wänden entlang, in vertikalem Sinne einander zugewandt sind; man kann dann annehmen, dass der Strom normal zu ihnen zirkuliert (1. Fall.) Dieses vorausgesetzt, stellen wir uns vor, dass längs einer Strecke l in dem Voltameter eine Störung in den Elektrolyten eingeführt wird; wir können annehmen, dass solches in der K anliegenden Region (2. Fall), und hierauf dass es in dem nahe bei A befindlichen Bereich geschieht (3. Fall). Wir bezeichnen mit J, J_K und J_A die durch das Galvanometer gemessene Stromstärke in den drei vorher erwähnten Fällen, und mit

- w den spezifischen Widerstand der nicht gestörten Lösung,
- w' den spezifischen Widerstand der gestörten Lösung,
- E die elektromotorische Kraft von S,
- σ den Querschnitt von V.

Wir betrachten schliesslich das so gebildete Element:

$$| \text{Ungestörte Lösung} \overrightarrow{|} \text{Gestörte Lösung} |$$

und nehmen an, dass in demselben die Elektroden dieselbe Natur haben wie die im Voltameter V. Wir nennen seine elektromotorische Kraft ε, und geben ε das Vorzeichen $+$, wenn bei Schliessung des Stromkreises, der Strom in der Richtung des Pfeiles in der Flüssigkeit zirkuliert.

Lässt man in den drei vorher beschriebenen Fällen die metallischen Leitungen, welche von den Elektroden zum Galvanometer führen, und den Widerstand dieses letzteren bei Seite, so kann man ohne weiteres schreiben:

$$J = \frac{E\sigma}{Lw},$$

$$(1) \qquad J_K = \frac{(E+\varepsilon)}{lw' + (L-l)w}.$$

$$(2) \qquad J_A = \frac{(E-\varepsilon)\sigma}{lw' + (L-l)w}$$

und folglich:

$$\frac{J_K}{J} = \frac{1 + \frac{\varepsilon}{E}}{1 - \frac{l}{L}\frac{w-w'}{w}}$$

$$\frac{J_A}{J} = \frac{1 - \frac{\varepsilon}{E}}{1 - \frac{l}{L}\frac{w-w'}{w}}.$$

Wenn

$$\varepsilon > o \qquad w > w',$$

so folgt

1. Dass die Intensität J_K immer grösser ist als die Intensität J, aber dass das Verhältnis $\frac{J_K}{J}$ kleiner wird, wenn das Verhältnis $\frac{L}{l}$ wächst;

2. Dass das Verhältnis $\frac{J_A}{J}$ grössere und kleinere Werte als die Einheit haben kann, entsprechend der Grösse der Zahl $\frac{L}{l}$, aber dass sie immer kleiner als der Quotient von J_K durch J ist.

Es ist

$$\frac{J_A}{J} \gtrless 1,$$

je nachdem

$$\frac{L}{l} \lessgtr \frac{E}{\varepsilon}\frac{w-w'}{w} \text{ ist,}$$

oder:

$$L \lessgtr l\frac{E}{\varepsilon}\frac{w-w'}{w}.$$

In besonderem erhalten wir, wenn w gegenüber w', sehr gross ist, nahezu die Bedingung:

$$L \lessgtr l\frac{E}{\varepsilon}.$$

Es ist jetzt klar, dass das von uns ausführlich behandelte Problem mit den Hertzschen, Sella- und Maioranaschen Erscheinungen übereinstimmt. Geht man zum experimentellen Beleg der Theorie über, so trifft man auf keinerlei ernstliche Schwierigkeiten; das Einzige, worauf man achten muss, ist die Wahl des Diaphragmas, um die beiden gestörten oder ungestörten Teile des Elektrolyten zu trennen. Diejenigen Forscher, welche die elektromotorischen Kräfte an der Berührungsoberfläche zwischen zwei verschiedenen Lösungen gemessen haben, bedienen sich gewöhnlich eines Diaphragmas aus porösem Thon;[1]) für unseren Zweck erwiesen sich diese Scheidewände jedoch als ungeeignet. Sie stellen thatsächlich ein recht grosses Hindernis für den Durchgang des elektrischen Stromes dar, derart dass der Widerstand des Voltameters zum grossen Teil im Diaphragma konzentriert wird, was für die weiteren Messungen wenig geeignet ist. Ich hatte anfänglich die Anwendung ebener Scheiben aus alten Wassertrögen von rotem Thon versucht, musste aber bald davon abgehen. Es gelingt zwar, diese Scheiben mit einer Säge zu spalten, und dann mittelst einer weder stumpfen noch allzu rauhen Feile bis zu $^1/_{10}$ oder höchstens $^2/_{10}$ mm Dicke abzuschleifen; aber selbst bei dieser Beschaffenheit war ihr Widerstand stets ein sehr bedeutender. Die gleichen Unannehmlichkeiten, obwohl in geringerem Grade, stellten sich auch bei Anwendung eines Stückes Karton oder eines Blattes Filtrierpapier ein. Völlig zufriedenstellende Resultate erzielte ich, sowie ich als Wand ein Septum von ziemlich dickem weissem Atlas verwendete. Die Versuche, über deren Resultate ich im

1) cfr. z. B. A. Escher in N. Cim. (3) **5**, 5, 1879.

Vorliegenden berichte, wurden mit einem derartigen Diaphragma unternommen. Zuletzt verwandte ich den Stoff sogar in doppelter Lage, indem ich zwei Stücke mit mehreren Nähten auf einander befestigte. Die Anordnung des Apparates ist überaus einfach. Das von mir gebrauchte Voltameter besteht aus weissem Porzellan[1]), und ist in der Form annähernd einem Parallelepipedon ähnlich, 19 cm lang, 5 cm breit, 3 cm tief. Die Elektroden sind Scheiben von $5 \times 2^1/_2$ cm. Gebrauchte ich bei den Messungen Lösungen von Kupfersulfat, so nahm ich die Scheiben aus elektrolytisch verkupfertem Kupfer; so wird die Polarisationserscheinung fast vollständig vermieden. Das Atlas-Diaphragma wurde an die Wände mit Siegellack in drei Viertel der Länge haltbar befestigt.

Damit die Ablenkungen nicht übermässig gross werden, muss man dem Elektrolyten, zum wenigsten in einem Teile, einen grossen Widerstand geben, damit wird gleichzeitig noch der andere Vorteil erreicht, dass die Grösse ε empfindlicher wird.

Ist die ungestörte Lösung reines Wasser und die gestörte Lösung mit Kupfersulfat gesättigt, so erhält man nach Eschers Messungen[2])

$$\varepsilon = 0{,}48,$$

und der Wert des Verhältnisses $\frac{L}{l}$, bei welchen der Übergang der Hertzschen in die Sella- und Maioranasche Erscheinung vor sich gehen müsste, würde durch

$$\frac{L}{l} = \frac{1}{0{,}48} = 2{,}1$$

ausgedrückt sein, eine Bedingung, die sich in der Praxis leicht realisieren lässt. Wäre ferner die ursprüngliche Lösung etwas konzentrierter, so müsste ε kleiner und $\frac{L}{l}$ folglich grösser sein. Bei den Versuchen, auf die ich mich beziehe, war der ungestörte Elektrolyt Wasser mit einigen Tropfen gesättigter Lösung, der gestörte Elektrolyt eine gesättigte Lösung von Kupfersulfat.

Jeder Versuch besteht aus drei Messungen. Giesst man z. B. zuerst den verdünnten Elektrolyten links und den konzentrierten rechts ein, so wird man zwei Ablenkungen beobachten, wenn man mittels des Kommutators die dichteste Lösung das eine Mal auf die Seite der Anode (a^A), das andere Mal auf die Seite der Kathode (a_K) bringt. Hierauf entfernt man mit einer Pipette den gesättigten Elektrolyten und ersetzt ihn durch ebensoviel verdünnte Lösung; alsdann liest man am Galvanometer einen dritten Winkel (a) ab. Ich führe zwei Versuche an, die mit verschiedenen Werten des Verhältnisses $\frac{L}{l}$ gemacht worden sind:

l	$\frac{L}{l}$	a	a_K	a
0,5	20	$8^0 30'$	12^0	10^0
3,0	2	$27^0 30'$	32^0	21^0

Aus dieser Tabelle ergiebt sich: 1. dass die Ablenkung a_K immer grösser ist als die Ablenkung a, aber das Verhältnis $\frac{a_K}{a}$ kleiner wird, wenn das Verhältnis $\frac{L}{l}$ zunimmt;

2. Dass das Verhältnis $\frac{a_A}{a}$ grössere und geringere Werte als die Einheit haben kann, entsprechend der Zahlengrösse von $\frac{L}{l}$, aber dass es stets kleiner ist als der Quotient von a_K durch a; das heisst, es folgen für die a jene Gesetzmässigkeiten, welche wir vorhin theoretisch für die $\mathfrak{J}$ gefunden haben.

Man kann folglich das Volterrasche Modell als vollkommen zulässig gelten lassen.

* * *

Man kann sich von diesen Vorgängen auch eine materielle, insbesondere eine hydrodynamische Vorstellung machen.[1]) In dem von mir konstruierten Apparat dient eine Mariottesche Flasche zur Erhaltung des Stromes, welcher also mit konstanter Geschwindigkeit ausströmt. Die Ausflussröhre ist in zwei Arme gegabelt, deren erster eine kapillare Öffnung und deren anderer einen ziemlich grossen Durchschnitt hat. Beide Transportwege stecken an einem Ende in einem Verteilungskästchen, von dem später die Rede sein wird. Aus dem Kästchen kommt eine dritte Röhre heraus, welche zweimal im rechten Winkel gebogen ist, das erste Mal beim Austritt, das zweite Mal einige wenige Centimeter weiterhin. Die eben beschriebene, mit Kapillarmündung versehene Röhre kann in viele verschiedene, z. B. in drei hauptsächliche Lagen gebracht werden. Sie kann vollständig in einer horizontalen Ebene liegen, oder sie kann auf zweierlei Weise in eine vertikale Ebene eingestellt werden, je nachdem das Knie beim Austritt aus dem Kästchen herauf- oder heruntergeht.

In jedem von diesen drei Fällen treten klar voneinander geschiedene Erscheinungen auf, wie man aus der schematischen Fig. 2 ersehen kann, auf welcher das Distributionssystem dargestellt

1) Man muss darauf achten, dass das Gefäss sorgfältig glasiert ist, da andernfalls die Lösungen allmählich in die Wände eindringen und diese zu Leitern machen. Es entsteht dann eine Abzweigung, die man nicht beeinflussen und die man nicht leicht auch nur annähernd abschätzen kann.

2) l. c. 28.

1) vergl. z. B. A. Garbasso, 15 lezioni sù la luce, S. 43ff.

ist. E und B sind die Ansatzstellen der Röhren, der engen und der weiten, die aus der Mariotteschen Flasche kommen; D', D'', D''' sind Diaphragmen (im Durchschnitt); R ist gleichfalls im Durchschnitt, ein Metallrohr, in welchem die dritte Röhre feststeckt. Dieses Rohr hat ein einziges seitliches Loch L, welches man vor die Öffnungen L', L'', L''' schieben kann. In den ersten Fällen kommuniziert die dritte Röhre mit der Flasche durch das grosse Rohr, und das enge Rohr bleibt geschlossen; im dritten Fall geschieht das Gegenteil. Nun ist die dritte Röhre in ihrem Lager derart drehbar, dass für die Stellungen LL' und LL'' das Knie nach

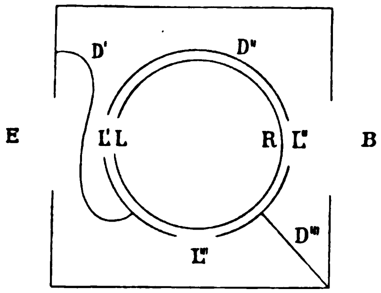


Fig. 2.

oben, resp. nach unten gerichtet wird; durch die Stellung LL''' kommt es in die horizontale Ebene. Im ersten Fall erhält man das, was dem bei der Anode ($E > 0$) gestörten Elektrolyten entspricht; im zweiten Fall geht die Störung nach der Kathode[1]) über; im dritten Fall hat die gesamte Flüssigkeit normale Dichte. Für die gewählten Dimensionen zeigte der von mir konstruierte Apparat die Sella- und Maioranasche Erscheinung. Ich brauche hier auf Einzelheiten nicht einzugehen.

1) Man vergleiche die Formeln (1) und (2), welche eine aus der andern durch blossen Wechsel des Vorzeichens von E folgen.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 21. September 1900)

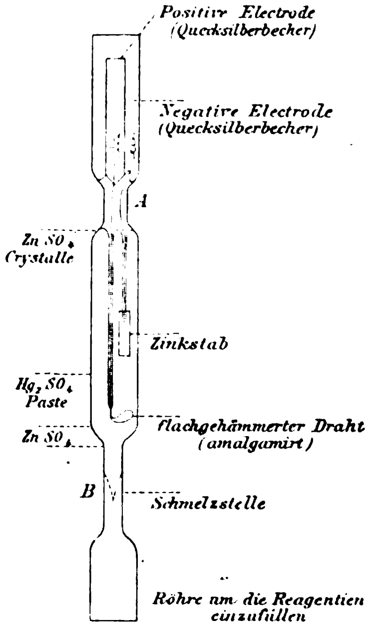
Eine hermetisch geschlossene Form des Clark-Normalelementes.

Von H. T. Barnes.[1])

In dieser Abhandlung wird eine neue Form des Clark-Elementes beschrieben, welches man „geschlossene Zelle" nennen kann und welches kurz in der Arbeit von Professor Callendar und dem Verfasser (Proc. Roy. Soc. 62, S. 117, 1897) erwähnt wurde. Der Vorteil der Zelle besteht darin, dass sie vollständig durch Zuschmelzen geschlossen werden kann.

1) Ausführlich in Physic. Review 10, 268, 1900.

Die Anordnung des Elements giebt die Figur wieder. Das Hauptgefäss besteht aus einem Glasrohr, welches an zwei Stellen A und B ein klein wenig ausgezogen worden ist. Die positive Elektrode besteht aus einem Platindraht, dessen eines Ende flach gehämmert, amalgamiert und in einer Glaskapillaren eingeschlossen ist. In der Figur ist das Glasrohr, aus welchem die



Kapillare hergestellt ist, als positiver Quecksilberbecher bezeichnet. Die negative Elektrode ist ein kleiner Zinkstab, welcher an einen Platindraht angelötet worden ist; der letztere wird ebenfalls durch eine Glaskapillare geschützt. Nachdem die beiden Elektroden in ihre richtige Lage durch den engen Hals bei A gebracht worden sind, wird das Glas sorgfältig um die Drähte an dieser Stelle zusammengeschmolzen. Die Reagentien werden in die Zelle durch den Hals bei B eingeführt. Dieselben bestehen aus sorgfältig dargestelltem und umkrystallisiertem, feuchtem Zinksulfat in genügender Menge, um den Zinkstab vollständig zu bedecken, der gewöhnlichen Quecksilberoxydulsulfatpaste und Zinksulfat, um den flachgehämmerten Platindraht zu bedecken und einigen wenigen Zinksulfatkrystallen. Nach der Reinigung und Trocknung der Röhre wird die Zelle geschlossen, indem das Glas bei B schnell zugeschmolzen wird.

Eine Reihe von Prüfungsergebnissen und Vergleichsresultaten werden in der Abhandlung

für eine Anzahl von Ketten, welche mit Reagentien von verschiedenem Ursprung und zu verschiedenen Zeiten gefüllt waren, mitgeteilt.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 24. September 1900.)

Über die Energie der Becquerel- und Röntgenstrahlen und über die zur Erzeugung von Ionen in Gasen nötige Energie[1]).

Von E. Rutherford und R. K. Mc. Kling.

Es war vor allem der Zweck der im folgenden beschriebenen Untersuchungen, die zur Erzeugung eines Ions in einem Gase, wenn Röntgenstrahlen dasselbe durchdringen, nötige Energie, zu berechnen und aus diesem Resultate den Betrag der Energie abzuleiten, der von Uran, Thorium oder ähnlichen radioaktiven Substanzen ausgestrahlt wird.

Um diese so definierte Energie zu bestimmen, musste man sowohl die Wärmewirkung, als auch die Absorption der Röntgenstrahlen in Gasen genau bestimmen.

Der Umwandlungskoeffizient eines durch Röntgenstrahlen erregten Fluorescenzschirmes wurde auch untersucht, und eine einfache praktische Darstellungsmethode der Intensität der Röntgenstrahlen in absolutem Masse dargelegt.

Um die „Ionenenergie" zu bestimmen, wurde folgende Methode angewandt: Ein zwischen 2 Elektroden befindliches bekanntes Gasvolumen wurde durch die Strahlen ionisiert und der Maximal-(Sättigungs)strom bestimmt. Bei der Ionisation des Gases durch die Strahlen wird Energie absorbiert, wobei jedoch die Intensität der Strahlung rascher abnimmt, als es dem Gesetze des umgekehrten Quadrates entspricht. Wenn man nun annimmt, dass die im Gase absorbierte Strahlungsenergie zur Erzeugung von Ionen verwandt wird, so kann man, wenn man den Absorptionskoeffizienten der Strahlen im Gase kennt, den Gesamtstrom berechnen, der von der Totalabsorption aller in das Gas eingetretenen Strahlen beruhen würde. Es sei

i = Maximalstrom, der von einer vollständigen Ionisation des Gases herrühren würde.

n = Zahl der erzeugten Ionen.

ε = Ladung eines Ions. Daraus geht hervor $i = n\varepsilon$.

H = Wärmewirkung bei Absorption der Strahlen in einem Metall.

E = Gesamtenergie der Strahlen in *Erg*.

Dann ist $E = JH$, wo J gleich Joules Äquivalent ist. Wenn bei der Erzeugung eines Ions der Energiebetrag $= W$ verbraucht wird, dann hat man

$$nW = E = JH$$
$$W = \frac{JH}{n} = \frac{JH\varepsilon}{i}.$$

Die Werte von H und i sind experimentell festgelegt. Mit Hilfe dieser Werte und unter Zugrundelegung des von J. J. Thomson bestimmten Wertes von $\varepsilon = 6{,}5 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten lässt sich der Wert von W in absolutem Masse bestimmen.

Die weiteren Untersuchungen hatten zum Zweck:

1. die Messung der von den X-Strahlen erzeugten Wärmewirkung,
2. die Wirksamkeit als Lichtquelle eines von den X-Strahlen erregten Fluorescenzschirmes,
3. die Untersuchung der Absorption der X-Strahlen in Gasen unter verschiedenen Drucken,
4. die Bestimmung der zur Erzeugung eines Ions in Luft und anderen Gasen nötigen Energie. Daraus wurden Schlussfolgerungen gezogen:
   a) auf die Entfernung zwischen den Ionenladungen im Molekül,
   b) auf das zur Funkenbildung nötige Minimumpotential;
5. das Studium der Energie der Becquerelstrahlen und die Energieemission radioaktiver Substanzen.

1. Die Wärmeeinwirkung der X-Strahlen.

Die Strahlen wurden durch eine automatische Focusröhre erzeugt, die mit einem grossen Induktor betrieben wurde. Die Unterbrechung geschah durch einen Wehneltunterbrecher spezieller Form, der pro Sekunde 57 Unterbrechungen lieferte. Die Strahlen hatten grosses Durchdringungsvermögen. Zur Bestimmung der Wärme wurde ein Platinbolometer benutzt, dessen Widerstand sich änderte, wenn die Strahlen darauf fielen. Das Bolometer bestand aus einem Platinstreifen von 3 m Länge, 0,5 cm Breite und 0,003 cm Dicke, der auf einem Glimmerblättchen von 10 cm² aufgewickelt wurde. Zwei solcher Vorrichtungen, so identisch wie möglich, wurden hergestellt, und bildeten die beiden Arme einer Wheatstonebrücke. Mit Hilfe eines empfindlichen Galvanometers wurde zuerst auf Gleichgewicht eingestellt; dann liess man die Strahlen 30 oder 45 Sek. einwirken und mass sofort dann die Widerstandsänderung.

Mit Hilfe eines Stromes geeigneter Stärke, der den exponierten Bolometerzweig eine gleiche Zeit durchfloss, wie die Strahlenwirkung dauerte, und der darin die gleiche Widerstand-

1) Nach einer der Royal Society vorgelegt. Mitteilung.

veränderung hervorrief, erhielt man für den Wärmeeffekt pro Sekunde 0,24 i^2R, wo i = dem Strom ist, der durch den Zweig vom Widerstand R fliesst. Die Zweige befanden sich in einem Bleigefäss, das mit einem Aluminiumfenster versehen war. Das Ganze war von einem Rahmen umgeben, wie sich auch zwischen der Röhre und dem Bolometer mehrere Aluminiumbleche befanden, so dass eine jede andere Wärmewirkung als die der Strahlen ausgeschlossen war. Ungefähr 55% der Energie der auffallenden Strahlen wurden vom Bolometer absorbiert; ein kleiner, aber zu vernachlässigender Betrag wurde zur Erzeugung sekundärer Strahlen auf der Oberfläche des Platinstreifens verwandt.

Die der Oberfläche von 92,2 cm^2 zugeführte Wärme war bei einer Entfernung von 26 cm von der Strahlenquelle = 0,00014 gr.-Cal. per Sekunde.

Die gesamte von der Oberfläche der Antikathode ausgegangene Strahlungsenergie (abgesehen von der Absorption in der Röhre, der Luft und den Schirmen), war 0,011 gr.-Cal. per Sekunde, oder 0,046 Watt.

Die Anzahl der Entladungen pro Sekunde war 57, und nimmt man die mittlere Wirkungsdauer der Strahlen zu 10^{-5} Sekunde [1]) an, so strahlt von der Röhre ein Energiemaximum von 19,5 Cal. per Sekunde aus.

Die Wärmewirkung der Sonnenstrahlen, die senkrecht auf den Quadratcentimeter Oberfläche auffallen, ist 0,035 Cal. pro Sekunde. Die maximale Energieemission, die aus der X-Strahlenröhre ausstrahlt, ist also 560 mal grösser als die der Sonnenstrahlen auf der Oberfläche der Erde.

Die Anwendung der Thermosäule zu diesen Versuchen ist nicht thunlich.

2. Wirkungsgrad eines Leuchtschirmes.

Mit dem Lummer-Brodhunschen Instrument wurden photometrische Vergleiche zwischen der Helligkeit eines Fluorescenzschirmes und einer Standard-Hefnerlampe gemacht. Ein Bariumplatincyanurschirm gab

$$\frac{\text{Intens. des Schirmlichts}}{\text{Intens. der Hefnerlampe}} = 0{,}0206.$$

Tumlirz [2]) zeigte, dass die Energie des sichtbaren Teils des Lichtes der Hefnerlampe, die bei 1 cm Entfernung senkrecht auf 1 cm^2 Oberfläche fällt, gleich ist = 0,00361 gr.-Cal. pro Sekunde.

Für X-Strahlen gleicher Intensität wie die bei den photometrischen Messungen benutzten, ist unter gleichen Bedingungen die Energie = 0,0023 Calorie, d. h. der vom sichtbaren Teile der Hefnerlampe ausgestrahlte Energiebetrag beträgt ungefähr das Doppelte als bei der Röntgenröhre. 0,73% der Strahlungsenergie wurde im Leuchtschirm absorbiert.

Der Wirkungsgrad der Transformation von X-Strahlen in sichtbares Licht ist verglichen mit der Hefnerlampe = 0,044 oder 4,4%.

Kennt man diesen Transformationsfaktor, so genügen zwei einfache photometrische Messungen, um die Energie irgend einer Röhre in absolutem Maasse auszudrücken. Das Licht des Fluorescenzschirmes wird zuerst mit der Einheitslampe verglichen, und dann die Absorption im Schirm bestimmt, indem man diesen im Strahlenweg verschiebt.

Es sei ϱ = Verhältnis der Lichtintensitäten der Röhre und Lampe, ϱ_1 = Verhältnis der auf den Schirm fallenden Strahlungsintensitäten.

Dann kann gezeigt werden, dass die Intensität in absolutem Masse

$$= \frac{0{,}082\,\varrho}{1-\varrho_1}, \text{ gr.-Cal. pro Sek.}$$

Die Absorption im Karton des Schirmes wird als zu vernachlässigen angesehen, kann jedoch leicht bestimmt werden.

3. Absorption der Röntgenstrahlen in Gasen.

Bei der geringen Absorption der Strahlen in Luft bei Atmosphärendruck wurde eine Nullmethode angewandt. Die Strahlen passierten zwei lange Messingröhren mit Aluminiumenden, und der in dem einen Rohr durch die Strahlen erzeugte Strom wurde durch den im zweiten Rohr erzeugten Strom kompensiert. Wurde ein Rohr ausgeschaltet, so schlug das Elektrometer aus. Der mittlere Wert des Absorptionskoeffizienten der Strahlen in Luft bei Atmosphärendruck wurde zu 0,000279 gefunden, d. h. die Strahlung könnte eine Schicht von 24,7 m durcheilen, bis ihre Intensität durch Absorption auf die Hälfte reduziert wird. Im Gebiete von 1/2 bis 3 Atmosphären wurde die Absorption dem Drucke proportional gefunden. Der Absorptionskoeffizient in CO_2 war 1,59 mal so gross als der in Luft.

4. Zur Erzeugung eines Ions nötige Energie.

Der Strom, der durch Ionisierung eines bestimmten Gasvolumens mit X-Strahlen erzeugt wurde, wurde elektrometrisch gemessen. Zur Vermeidung von sekundären Strahlen berührten die X-Strahlen die Kondensatorplatten nicht. Zur Garantierung eines gleichförmigen elektrischen Feldes wurde eine Schutzringmethode angewandt. Der Wert der oben definierten Ionenenergie wurde abgeleitet aus Stromstärke, Wärme-

1) Trouton, Brit. Assoc. Report. 1896.
2) Wied. Ann. 38, 640.

wirkung und Absorptionskoeffizient. Sein Mittelwert wurde zu $1{,}90 \times 10^{-10}$ *Ergs* gefunden.

Dieser Wert ist viel grösser als der zur Wasserzersetzung nötige Energiebetrag; vom Druck ($\frac{1}{8}$ — 3 Atmosphären) scheint diese Ionenenergie unabhängig zu sein. Auch scheint dieser Betrag der nämliche für alle Gase zu sein.

4a. Entfernung zwischen den Ionenladungen im Molekül.

Nimmt man an, dass der bei der Erzeugung von Ionen absorbierte Energiebetrag dazu verwandt wird, die elektrischen Kräfte zu überwinden, welche die Molekel zusammenhalten, so lässt sich zeigen, dass die mittlere Entfernung zwischen den Ionenladungen $= 1{,}1 \times 10^{-9}$ cm ist. Das ist ungefähr $^1/_{30}$ des wahrscheinlichen Durchmessers eines Atoms. Dies stimmt überein mit den kürzlich ausgesprochenen Anschauungen von J. J. Thomson, dass die Ionisation erzeugt wird, indem sich das negative Ion, dessen Masse nur ein kleiner Teil von der des Atoms ist, vom Molekül entfernt.[1])

4b. Minimumpotential zur Funkenerzeugung.

Wenn eine Ionisierung notwendig ist, bevor ein Funken übergehen kann, so kann aus dem Betrage der Ionenenergie abgeleitet werden, dass unterhalb einer Spannung von 175 Volt kein Funke übergehen kann. Versuche legten diesen Wert auf über 300 Volts. Der theoretische Wert ist von derselben Grössenordnung, aber bei der Kompliziertheit der Erscheinung kann eine vollständige Übereinstimmung nicht erwartet werden.

5. Energieemission radioaktiver Substanzen.

Es hat sich gezeigt, dass die Geschwindigkeit der von Uranstrahlen erzeugten Ionen die gleiche ist, wie bei den von Röntgenstrahlen erzeugten. Die Ionen sind also jedenfalls die gleichen, und man wird annehmen können, dass zur Erzeugung beider gleiche Energiemengen nötig sind. Unter dieser Annahme lässt sich also die von den radioaktiven Substanzen ausgestrahlte Energiemenge berechnen. Für eine dicke Schicht von Uranoxyd (3,6 gr über eine Oberfläche von 38 cm^2 ausgebreitet), war die im Gas pro Quadratcentimeter ausgestrahlte Energiemenge $= 10^{-11}$ gr.-Cal. pro Sekunde.

Dieser Energiebetrag würde genügen, um 1 cm^3 Wasser um 1^0 C. in 3000 Jahren zu erwärmen, vorausgesetzt dass keine Wärme durch Strahlung verloren ginge. Aus Beobachtungen des Stromes, den dünne Schichten von Uranoxyd entstehen lassen, geht hervor, dass die pro Jahr ausgestrahlte Energie nicht geringer als 0,032 Calorien ist.

Bei Radium, das 100000 mal radio-aktiver als Uran ist, ist die pro Gramm Substanz ausgestrahlte Energie pro Jahr nicht geringer als 3000 Calorien.

(Aus dem Englischen übersetzt von S. Guggenheimer.)

(Eingegangen 27. September 1900.)

1) Vgl. diese Zeitschr. 1, 20, 1899.

Theoretisches über die Beugung der Röntgenstrahlen.

Von A. Sommerfeld.

(Zweite Mitteilung.)

In Nr. 10 des ersten Jahrganges dieser Zeitschrift habe ich über eine demnächst in den „Mathematischen Annalen" erscheinende Untersuchung berichtet, welche die Theorie der Beugung eines „Impulses", d. h. einer kurzen und starken Gleichgewichtsstörung des Äthers betraf. Meine Absicht war dabei, theoretische Anhaltspunkte für die Beugung der Röntgenstrahlen zu gewinnen, die ja mit einiger Wahrscheinlichkeit als Störungen von der genannten Beschaffenheit aufgefasst werden können. Ich habe diese Untersuchung inzwischen weitergeführt und zwar in der folgenden Richtung:

In meiner ersten Mitteilung war der Beugungsschirm als Halbebene vorausgesetzt. Der hierauf bezüglichen Theorie (No. 1 — 4 jener Mitteilung) habe ich nichts hinzuzufügen. In No. 5 machte ich den Versuch, die fundamentalen Beugungserscheinungen zu diskutieren, welche die Herren H. Haga und C. H. Wind[1]) mit einem sich nach unten verjüngenden Spalt nachgewiesen haben. Ich bemerkte aber schon l. c. dass die Anwendung der Theorie der Halbebene auf diese Beobachtungen erheblichen Bedenken begegnet. Schon die gewöhnlichen optischen Beugungserscheinungen zeigen, dass die Beugung an einem Spalt auch qualitativ sehr verschieden ausfällt von der Beugung an einer Halbebene. Es kommt hinzu, dass die Beugungswirkung der Halbebene bei einem Impulse lediglich besteht und bestehen kann in einem längs der ganzen Schattengrenze gleichmässig ausgebildeten Übergreifen der Strahlung in das Gebiet des geometrischen Schattens. Bei dem Vergleich mit den Beobachtungen von Haga und Wind konnte ich daher mein Augenmerk lediglich auf die allgemeine Verbreiterung des Spaltbildes richten, während andere hervorstechendere Merkmale des Beugungs-

1) K. Akademie van Wetenschappen, Amsterdam, April 1899, 420 und Wied. Ann. 68, 884, 1899.

bildes unbeachtet bleiben mussten. Die Abschätzung jener allgemeinen Verbreiterung kommt auf eine Abschätzung von Intensitätsverhältnissen heraus und ist deshalb sehr ungenau.[1]) Überdies ist zu beachten, dass die Intensität der photographischen Wirkung, die auf der Platte beobachtet wird, nicht proportional der Intensität der Strahlung ist, von der die Theorie handelt. Endlich ist die allgemeine Verbreiterung des Spaltbildes nicht lediglich eine Wirkung des Beugungsspaltes, sondern auch, wie die Herren Haga und Wind bemerken, durch eine gewisse Irradiation der photographischen Wirkung auf der Platte, sowie durch die Divergenz der auffallenden Strahlen, durch die Dimensionen des ersten Spaltes (des sog. X-Spaltes) und durch die zwar möglichst vermiedenen, aber doch nicht völlig ausgeschlossenen Erschütterungen der Stative bedingt. Es ist daher wahrscheinlich, dass in meiner ersten Note die Wirkung der Beugung überschätzt und die „Impulsbreite λ", mit deren Grösse die Grösse der Beugung wächst, zu gross gefunden ist. Dies wird durch die weiter unten folgende Neubestimmung von λ bestätigt.

Meine Absicht war es nun, die Beugung eines Impulses an einem Spalt (zunächst einem Spalt mit parallelen Rändern) in derselben Weise wie früher für die Halbebene durchzuführen, also eine Lösung der Differentialgleichung (1) aufzustellen, welche durch die entsprechend modifizierten Oberflächenbedingungen (2) und Anfangsbedingungen (3) meiner ersten Mitteilung definiert ist (Spalt mit absolut reflektierenden Wänden) und von da aus zu einem Spalt mit geschwärzten Wänden in der früher angegebenen Weise überzugehen. Indessen habe ich die hierbei auftretenden analytischen Schwierigkeiten nicht überwinden können.

Ich sah mich deshalb auf die Methode des Huygensschen Prinzips (im Sinne der Kirchhoffschen Formulierung derselben) angewiesen. Zunächst lag mir daran, ihre Anwendbarkeit auf die Beugung der Impulse nachzuweisen.

Ich gehe dabei aus von einer Formel des Herrn V. Volterra.[2]) Ähnlich wie bei Kirchhoff für ein räumliches Problem wird durch diese eine Lösung der Differentialgleichung $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = V^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)$ im Innern eines ebenen Gebietes dargestellt durch ein Integral über die Werte von u und der ersten Ableitungen von u auf der Begrenzung des Gebietes. Bei dem Problem der Halbebene besteht die Begrenzung aus der Spur des Schirmes und ihrer Verlängerung, das Gebiet selbst ist diejenige Hälfte der Ebene, die, im Sinne der Einfallsrichtung gesprochen, hinter dem Schirme liegt.

Man muss nun geeignete Annahmen über die Randwerte von u und der partiellen Ableitungen von u machen. Man nehme an, dass sich hinter dem Schirm ein Schatten bilden wird und setze auf der Spur des Schirmes: $u = \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial u}{\partial t} = 0$; man nehme ferner an, dass in der Verlängerung des Schirmes die Erregung dieselbe sei, wie wenn der Schirm nicht vorhanden wäre, setze dort also, unter $u_0 = f(x + Vt)$ die Funktion des einfallenden Impulses verstanden: $u = u_0$, $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial u_0}{\partial x}$ u. s. w.

Diese Annahmen können nicht genau richtig sein, da aus der ersteren folgen würde, dass u überall gleich Null, aus der letzteren, dass u überall gleich u_0 wäre. Setzt man die angegebenen Randwerte in die Volterrasche Formel ein, führt die dort angezeigten Integrationen aus und leitet aus der so erhaltenen Lösung rückwärts die Werte von u auf der Begrenzung des Gebietes ab, so stimmen diese keineswegs mit den ursprünglich vorausgesetzten Randwerten $u = 0$, $u = u_0$ u. s. w. genau überein.

Hieraus geht zur Genüge hervor, dass die Methode des Huygensschen Prinzipes nur eine Näherungsmethode ist. Zwar wird in der Optik durch den Vergleich mit der Erfahrung ihre hinlängliche Genauigkeit sicher gestellt. Bei der Beugung der Impulse aber fehlt es an jeder Erfahrung; die Brauchbarkeit der Methode kann hier, wie mir scheint, nur durch den Vergleich mit unserer früheren exakten Lösung bewiesen werden.

Die Ausführung der Integrationen in der Formel des Huygensschen Prinzipes ist etwas umständlich und macht verschiedene Fallunterscheidungen nötig. Als Resultat finde ich die folgende Darstellung von u im Gebiete des geometrischen Schattens:

Wenn $r > Vt + \lambda/2$

(1) $$u = 0,$$

wenn $Vt + \lambda/2 > r > Vt - \lambda/2$

(2) $$u = \frac{1}{2\pi}\left\{\pi - \operatorname{arc\,tg} \frac{y}{\sqrt{(Vt + \lambda/2)^2 - r^2}} - \operatorname{arc\,tg} \frac{(Vt + \lambda/2)\, y}{x\sqrt{(Vt + \lambda/2)^2 - r^2}}\right\},$$

wenn $Vt - \lambda/2 > r$

(3) $$u = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{y}{\sqrt{V^2 t^2 - r^2}} \frac{1}{Vt - x}.$$

1) Die folgenden kritischen Bemerkungen verdanke ich zum grossen Teil einer für mich sehr wertvollen Korrespondenz mit Herrn Wind.

2) Accademia dei Lincei, Rend. (ser. 5) Bd. 1, 2. Semester. (1892) S. 161 und Acta Math. Bd. 18 (1894).

Dabei ist angenommen, dass die Einfallsrichtung des Impulses senkrecht zur Halbebene steht, dass die erstere in der x-Axe, die Spur der letzteren in der y-Axe liegt. Die x-Koordinate bedeutet sonach in den vorangehenden Formeln den Abstand von der Halbebene, die y-Koordinate den Abstand von der verlängerten Einfallsrichtung, d. h. von der Schattengrenze, r ist gleich $\sqrt{x^2 + y^2}$.

Gleichung (1) und (2) ist im Sinne der Methode des Huygensschen Prinzipes genau richtig, Gleichung (3) ist durch Entwicklung einer ursprünglich komplizierteren Formel nach Potenzen von λ erhalten.

Man halte nun diese Gleichungen mit den Formeln (7) meiner ersten Note zusammen: Die Übereinstimmung ist einleuchtend. (1) ist mit der ersten Gleichung (7) genau, (2) mit der zweiten Gleichung (7) in der Nähe der Schattengrenze und bei hinreichend kleinem λ identisch; in einiger Entfernung von der Schattengrenze ergeben beide Gleichungen wenigstens dieselbe Grössenordnung $\sqrt{\lambda}$. Gleichung (3) endlich enthält ebenso wie die dritte Gleichung (7) den Faktor λ und zeigt qualitativ dasselbe Verhalten wie jene. Wollen wir die durch unsere jetzigen Formeln definierte Erregung bildlich darstellen, so können wir dies nicht besser thun als durch die früheren Figuren 3 und 4. Abweichungen zwischen den jetzigen und früheren Formeln zeigen sich nur in Gliedern, welche mit abnehmender Impulsbreite verschwinden (welche λ oder $\sqrt{\lambda}$ zum Faktor haben). Das Huygenssche Prinzip liefert also bei hinreichend kleiner Impulsbreite λ eine hinreichend richtige Lösung unseres Problems — ähnlich wie in der Optik bei hinreichend kleiner Wellenlänge.

Unsere frühere Methode hat gegenüber der Methode des Huygensschen Prinzipes den Vorteil, dass sie bei jeder Impulsbreite gilt und dass sie zu besonders übersichtlichen Resultaten führt. Der grosse Vorzug des Huygensschen Prinzips aber besteht darin, dass es auch bei komplizierteren Problemen nicht versagt. Wir werden es, durch die Erfahrungen bei der Halbebene ermutigt, auch auf den Spalt anwenden dürfen, wenn wir nur wieder die Impulsbreite hinreichend klein, d. h. hier hinreichend klein gegen die Spaltbreite voraussetzen.

Wiederum setze man als angenäherte Randwerte von u in die Formel des Huygensschen Prinzipes die folgenden ein: $u = 0$ u. s. w. unmittelbar hinter den Spaltwänden, $u = u_0 = f(x + Vt)$ u. s. w. in der Spaltöffnung. Die Integration über die Spaltöffnung AB (Fig. 1) lässt sich nun auffassen als Differenz zweier ebenso gebildeter Integrale AC und BC, in denen die obere Grenze C den unendlich fernen Punkt der positiven y-Axe bezeichnet. Die letzteren Integrale stellen aber nach dem Huygensschen Prinzip die Lösungen zweier Halbebenenprobleme dar, das Integral AC giebt die Beugung an der Halbebene DA, das Integral BC die Beugung an DB, unter D den unendlich fernen Punkt der negativen y-Axe verstanden. Die Werte dieser Integrale sind also nach Früherem bekannt. Bezeichnen wir sie mit u' und u'', so haben wir

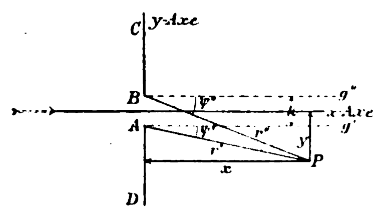


Fig. 1.

$$u = u' - u'',$$

wobei u' und u'' durch die Formeln (1), (2), (3) dieser, oder besser durch die bequemeren und genaueren Gleichungen (6) und (7) meiner ersten Mitteilung gegeben sind. (Natürlich werden jetzt die Grössen r, ψ der letztgenannten Formeln durch die in Fig. 1 definierten Grössen r', ψ' bezw. r'', ψ'' zu ersetzen sein, je nachdem es sich um die Berechnung von u' oder u'' handelt.)

Der allgemeine Ablauf der Erregung ist hiernach leicht zu übersehen. Zu Punkten, welche zwischen den Schattengrenzen g' und g'' liegen, gelangt zuerst der einfallende Impuls $f(x + Vt)$, dann ein „Cylinderimpuls“, welcher von der dem Punkte näher gelegenen Schirmkante, endlich ein Cylinderimpuls, welcher von der entfernteren Schirmkante ausgeht. Jeder der Cylinderimpulse zieht sein Residuum hinter sich her. Je nach der Lage des betrachteten Punktes kann es vorkommen, dass der einfallende resp. der erste Cylinderimpuls völlig abgelaufen ist, bevor der erste resp. der zweite Cylinderimpuls einsetzt, oder es kann sein, dass die genannten Einzelimpulse sich gegenseitig überlagern.

In den Punkten der beiden Schattengebiete fehlt der einfallende Impuls, wir haben nur die beiden Cylinderimpulse und ihre Residuen. Das Tempo der Aufeinanderfolge und die Stärke der Cylinderimpulse hängt wieder ab von der Lage des betrachtenden Punktes im Schattengebiet (seinen Abständen von den Schirmkanten A und B).

Nicht so bequem wie die Erregung u berechnet sich die Intensität $\mathfrak{J}$ der Erregung, auf die es uns im Hinblick auf die Beobachtungen

wesentlich ankommt. Wie in No. 4 meiner ersten Mitteilung ausgeführt, soll $\mathfrak{J}$ berechnet werden durch das Zeitintegral der elektrischen Energie, welche von $t = -\infty$ bis $t = +\infty$ über die betrachtete Stelle hingeht, geteilt durch den Wert desselben Zeitintegrals bei Nichtvorhandensein des Spaltes.

Wir beschränken uns hier auf die folgenden Angaben über die Wertverteilung von $\mathfrak{J}$: 1. Bewegt man sich in der Mittellinie des Spaltes (der x-Axe in Fig. 1) vom Spalte fort, so wächst $\mathfrak{J}$ von dem anfänglichen Werte 1 bis zu einem maximalen Werte 1,20 an, um von da aus bei weiter zunehmender Entfernung vom Spalt allmählich zu Null herabzusinken. Das Maximum wird im Abstande $x = \frac{\varkappa^2}{8\lambda}$ vom Spalt erreicht, wo $\varkappa$ die Spaltbreite, λ wie früher die Impulsbreite bedeutet. 2. Ähnlich auf den Schattengrenzen g' und g''. Hier hat $\mathfrak{J}$ in der Nähe des Spaltes den Wert 0,25; mit wachsender Entfernung wächst $\mathfrak{J}$ bis zu dem maximalen Werte 0,30, welcher im Abstande $x = \frac{\varkappa^2}{2\lambda}$ vom Spalt erreicht wird; des weiteren nimmt $\mathfrak{J}$ allmählich zu Null ab. 3. Bewegt man sich senkrecht zur Mittellinie fort, also auf einer Parallelen zur Spaltebene, so nimmt die Intensität ab. Die Schnelligkeit dieses „seitlichen Intensitätsabfalles" ist verschieden für verschiedene Abstände vom Spalt; während sie für die Abstände $x < \frac{\varkappa^2}{8\lambda}$ ziemlieh konstant und recht gross ist, wird sie bei weiter wachsendem x immer kleiner; in hinreichend grosser Entfernung vom Spalt hört also die Strahlungsintensität auf der Mittellinie auf, merklich grösser zu sein, wie die Intensität in den seitlich von ihr abstehenden Punkten.

Wir schliessen hieraus hinsichtlich des Bildes, welches ein auf einen Spalt auffallender Impuls auf einer dahinter aufgestellten photographischen Platte erzeugt, das Folgende: Das Spaltbild ist bei nicht zu grossen Abständen x zwischen Spalt und Platte scharf begrenzt und intensiv, am stärksten und intensivsten für $x = \frac{\varkappa^2}{8\lambda}$. Bei weiter wachsender Entfernung wird das Bild allmählich immer lichtschwächer und verschwommener, so dass die mittleren und die seitlichen Partien des Bildes nur noch geringe Intensitätsunterschiede erkennen lassen.

Statt wie soeben vorausgesetzt, die Entfernung von Spalt und Platte zu variieren, können wir auch diese Entfernung festhalten, dafür aber die Breite des Spaltes verändern. Dadurch können wir erreichen, dass alle diejenigen Beugungsbilder, welche früher in verschiedenen Abständen vom Spalt im Raume hintereinander lagen, nunmehr in demselben Abstande nacheinander entworfen werden. Um z. B. das vorgenannte Maximum der Intensität in eine vorgegebene Entfernung x vom Spalte rücken zu lassen, brauchen wir $\varkappa$ nur aus der Gleichung $x = \frac{\varkappa^2}{8\lambda}$ zu bestimmen.

Ähnlich wie zuletzt vorausgesetzt liegen die Verhältnisse bei den Beobachtungen von Haga und Wind mit dem sich nach unten verjüngenden Spalt. Wir gestatten uns die Annahme, dass das Beugungsbild, welches eine gewisse Stelle des sich verjüngenden Spaltes erzeugt, dasselbe ist, wie das Beugungsbild eines parallelen Spaltes von der Breite jener Stelle. Dann kommt die ganze Serie der Beugungsbilder, die vorher im Raume hintereinander lagen oder zeitlich nacheinander erzeugt werden konnten, auf derselben Platte übereinander zu liegen. Es ist klar, dass nur durch diese Anordnung ein genauer Vergleich der verschiedenen Beugungsbilder ermöglicht wird.

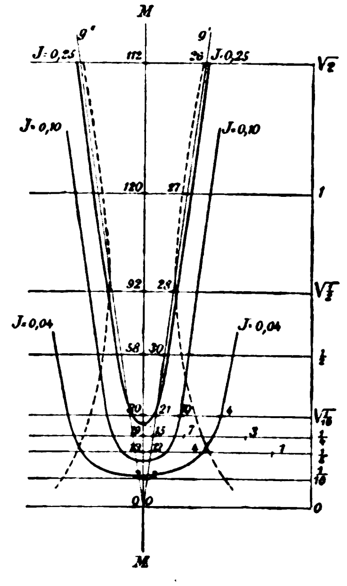


Fig. 2.

Fig. 2 zeigt die theoretische Beschaffenheit des so entstehenden Gesamtbildes. MM entspricht der Mittellinie des Spaltes, g' und g'' sind die geometrischen Schattengrenzen, d. h. die senkrechten Projektionen der Spaltränder. Die eingeschriebenen Zahlen bedeuten $100\,\mathfrak{J}$; die Zahlen an der beigegebenen Skala geben die zugehörige Breite des Spaltes in Teilen von $\sqrt{8\lambda x}$ an; (die Zahl $\sqrt{2}$ der Skala sagt also beispielsweise aus, dass in dieser Höhe des Beugungsbildes die Spaltbreite $\sqrt{2}\,\sqrt{8\lambda x}$ beträgt).

In Übereinstimmung mit den vorherigen Angaben über die Intensitätsverteilung konstatieren wir aus dem Anblick unserer Figur zunächst dieses: Verfolgen wir die Mittellinie von oben nach unten, so nimmt die Intensität erst zu bis zu dem Wert 1,20, dann nimmt sie ab, um mit verschwindender Spaltbreite selbst zu verschwinden. Ähnlich ist der Verlauf von $\mathfrak{J}$ auf der Schattengrenze g' (und g''). Einzelne für den unteren Teil des Spaltbildes berechnete Werte zeigen ferner, wie die seitliche Abnahme von $\mathfrak{J}$ nach unten hin immer langsamer wird. Während z. B. in der Höhe des Skalenteiles $1/2$ die Intensität auf der Mittellinie 0,58 und in einer gewissen Entfernung davon 0,10 beträgt, was einem Intensitätsabfall von 6 auf 1 entspricht, finden wir in der Höhe $1/4$ auf der Mittellinie die Zahl 0,19 und ungefähr in derselben Entfernung wie vorher seitlich davon die Zahl 0,07. Der seitliche Abfall findet hier also nur im Verhältnis 3 : 1 statt.

Der besseren Übersicht wegen sind einige Kurven gleicher Intensität ausgezogen, nämlich die Kurven $\mathfrak{J} = 0,25$, $= 0,10$, $= 0,04$. Die erste schliesst sich im oberen Teil ziemlich enge an die geometrische Projektion des Spaltes (die Geraden g' und g'') an, während sie am unteren Ende ziemlich scharf umbiegt; die anderen reichen etwas tiefer herunter und biegen mit geringerer Krümmung um. Ausserdem ist eine Kurve gleichen Intensitätsabfalles punktiert eingezeichnet; sie verbindet diejenigen Punkte, in denen die Intensität den vierten Teil der in gleicher Höhe auf der Mittellinie stattfindenden Intensität beträgt. Diese Kurve besteht aus zwei Ästen, die oben gleichfalls den Schattengrenzen folgen, während sie nach unten hin divergieren.

Wir werden nicht sehr fehl gehen, wenn wir unsere punktierte Kurve, wenigstens in ihren unteren Partien, als Grenze des noch wahrnehmbaren Beugungsbildes ansprechen, indem wir annehmen, dass Erhellungen, welche weniger als $1/4$ der (am unteren Ende an sich schon geringen) Intensität auf der Mittellinie betragen, nicht mehr wahrnehmbar sind. Wir können dann sagen: Am unteren Ende des Spaltbildes tritt eine Verbreiterung desselben ein. Wollen wir statt des Intensitätsverhältnisses $1/4$ ein anderes (z. B. ein kleineres) als Grenze der Wahrnehmbarkeit zu Grunde legen, so würden wir eine qualitativ ähnlich verlaufende Kurve als Grenze des wahrnehmbaren Beugungsbildes bekommen und unser Schluss auf die scheinbare Verbreiterung desselben würde bestehen bleiben.

Entsprechend können wir etwa die Kurve konstanter Intensität $\mathfrak{J} = 1/4$ als Grenze des intensiv erhellten Spaltbildes oder, im Hinblick auf das photographische Negativ, als Grenze des dunkeln Kernes desselben ansehen. Dies zugegeben folgt aus unserer Figur: Der dunkle Kern des Beugungsbildes hört etwa in derjenigen Höhe auf, in der die Verbreiterung des sichtbaren Spaltbildes anhebt.

Damit haben wir eines derjenigen Merkmale theoretisch abgeleitet, die die Herren Haga und Wind an ihren Beobachtungen hervorheben. Wir möchten hieraus vor allem den Schluss ziehen, dass unsere Anschauung von der Natur der Röntgenstrahlen mit den Beobachtungsthatsachen (bis auf weiteres) wohl verträglich ist.

Übrigens beachte man bei dem Vergleich unserer Fig. 2 mit den experimentellen Beugungsbildern von Haga und Wind, dass die Massstabsverhältnisse in beiden Figuren sehr verschieden sind. Die Spaltränder unserer Figur konvergieren ziemlich stark, während sie sich bei Haga und Wind auf 3 cm Erstreckung nur um 10 μ näherten. Wir müssen unsere Figur in der Länge ausserordentlich auseinanderziehen und in der Breite komprimieren, wenn wir sie den Dimensionen nach mit den experimentellen Beugungsbildern vergleichbar machen wollen.

Dabei wollen wir nicht verkennen, dass wir mit unserer Theorie den Beobachtungsbedingungen von Haga und Wind keineswegs gerecht geworden sind. Das aus dem „X-Spalt" austretende Strahlenbündel ist ein begrenztes und divergentes, während unser Impuls eher als ein unendlich breites Bündel von Parallelstrahlen zu bezeichnen wäre. Im Interesse der Einfachheit der mathematischen Behandlung musste hier auf eine grössere Annäherung an die Wirklichkeit verzichtet werden. Dafür macht die Berechnung der Impulsbreite, die wir nun noch einmal aufnehmen, auch nicht den Anspruch grosser Sicherheit und numerischer Präzision.

Auf unserer Skala in Fig. 2 finden wir an derjenigen Stelle, wo der dunkle Kern ungefähr aufhört und die Verbreiterung beginnt, den Wert $\sqrt{1/10}$ angeschrieben. Dies bedeutet, dass die theoretische Breite des Spaltes an dieser Stelle $\varkappa = \sqrt{1/10}\ \sqrt{8\,\lambda\,x}$ beträgt. Bei Haga und Wind setzt der dunkle Kern in dem Versuche Nr. 2 etwa bei einer Spaltbreite von 9 μ aus und unterhalb dieser Stelle (bei 7 μ) finden sich die ersten deutlichen Verbreiterungen des Bildes. Wir nehmen also $\varkappa = 9\ \mu$; da x in den Versuchen gleich 75 cm war, so ergiebt sich (in mm):

$$\varkappa = 9 \cdot 10^{-3} = \sqrt{8 \cdot 75 \cdot \lambda}$$

oder $$\lambda = 1,3 \cdot 10^{-7}\ \text{mm} \doteq 0,13\ \mu\mu.$$

Dieser Wert ist erheblich (ca. 25 mal) kleiner als der in meiner ersten Note angegebene. Es ist nach der Art der Ableitung klar, dass der jetzige Wert viel vertrauenswürdiger ist, wie der

frühere. Er stimmt ziemlich nahe überein mit denjenigen Werten, die die Herren Haga und Wind selbst für die „Wellenlänge der Röntgenstrahlen" (s. u.) aus ihren Versuchen ableiten.

Übrigens liegt auch unser jetziger Wert noch oberhalb einer Grenze, die sich für λ nach J. J. Thomson aus der Grösse der Moleküle ableiten lässt (s. meine erste Mitt. Nr. 5).

Sehr bemerkenswert scheint es mir, dass wir bei dieser Bestimmung von λ in die Nähe der Molekulardimensionen kommen. Die sonstigen Eigenschaften der Röntgenstrahlen (das Fehlen regulärer Reflexion, ihre geringe Absorption u. s. w.) werden von hier aus sofort verständlich.

Die Herren Haga und Wind betonen neben dem Umstande, dass überhaupt eine Verbreiterung am unteren Ende des Spaltbildes auftritt, namentlich auch die Thatsache, dass mehrere lokale Verbreiterungen (im Versuche Nr. 2 bei den Spaltbreiten 7, 6, 5 und 4 μ) zu bemerken sind. Wenn sich dieses als Regel bestätigt, so würden wir von unserem Standpunkte aus annehmen müssen, dass sich die Röntgenstrahlung aus verschiedenen, verschieden breiten Impulsen zusammensetzt, die entweder nebeneinander oder im Verlaufe der Expositionszeit, während deren, wie Herr Wind bemerkt, die Vakuumröhren wohl alle Grade der Härte durchgemacht haben mögen, nacheinander auftreten; jede lokale Verbreiterung würde auf eine bestimmte Impulsbreite hinweisen.

Ich möchte schliesslich noch bemerken, dass ich mich in meiner ersten Mitteilung über den theoretischen Standpunkt der Herren Haga und Wind im Irrtum befand, wenn ich sagte, „dass die Verfasser die Röntgenstrahlung als einen rein periodischen oder in gewisser Weise unregelmässig periodischen Vorgang auffassen". Vielmehr denkt sich Herr Wind (nach seiner citierten Note in Wied. Ann. Bd. 68, S. 896 und nach einer ausführlicheren brieflichen Mitteilung), zunächst jede spezielle Hypothese vermeidend, die Erregung in der Quelle durch eine beliebige Zustandsfunktion f (t) gegeben, zerlegt diese nach dem Fourierschen Satz in harmonische Komponenten und behandelt jede derselben nach den Methoden der gewöhnlichen Beugungstheorie. Die experimentelle Gestalt des Beugungsbildes gestattet dann rückwärts Schlüsse zu ziehen auf die Beschaffenheit der Fourierschen Entwickelung und damit auf die Natur der Röntgenstrahlung. Unter der Wellenlänge der Röntgenstrahlen werden dann die Wellenlängen gewisser in dieser Entwickelung enthaltenen ausgezeichneten Partialschwingungen verstanden. Entgegen meiner ursprünglichen Angabe hatten die Herren als einen möglichen Spezialfall ihres allgemeineren Ansatzes ganz besonders auch den hier betrachteten Fall eines einzelnen Impulses im Auge.

Wie sich nach dieser Methode die Behandlung des einzelnen Impulses gestaltet, hat Herr Wind kürzlich in einem Vortrage bei Gelegenheit der diesjährigen Naturforschergesellschaft auseinandergesetzt. Er entwickelte hierbei unter anderem das Spektrum (d. h. im wesentlichen die Fouriersche Entwickelung) des einzelnen Impulses in Gestalt einer Energiekurve, sowie das Analogon unserer Fig. 2 für periodische Erregung. Zwischen den Resultaten seiner und der vorstehenden Behandlungsweise wurde eine vollständige (auch numerische) Übereinstimmung konstatiert.

Zu Gunsten des von mir eingeschlagenen Weges sei zum Schlusse folgendes bemerkt:

Der einzelne völlig unperiodische Impuls stellt sozusagen das eine Extrem aller möglichen Strahlungsvorgänge dar, deren anderes Extrem die rein periodische Erregung bildet. Die wirklichen Strahlungsvorgänge, die der Optik sowohl wie die der Röntgenstrahlung, mögen nicht genau jenen Extremen entsprechen, sondern zwischen ihnen enthalten sein, die einen mehr dem periodischen, die anderen dem unperiodischen Grenzfall sich nähernd. Trotzdem ist es nützlich und notwendig, jene Grenzfälle reinlich herauszuschälen und für sich zu behandeln. Denn nur unter hinreichend idealisierten Bedingungen können wir erwarten, zu einfachen und strengen Resultaten und zu einem klaren Bilde von dem räumlichen und zeitlichen Verlauf des Vorganges zu kommen. Letzteres dürfte durch die hier beschriebene Behandlung thatsächlich erreicht werden.

Aachen, September 1900.

(Eingegangen 29. September 1900.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Untersuchungen über verflüssigte Gase und tiefe Temperaturen.

Von B. Dessau.

(Schluss.)

R. Abegg[1]) hat übrigens das Problem der grossen Dielektrizitätskonstanten auch von einer anderen Seite aus in Angriff genommen. Da die Dielektrizitätskonstanten flüssiger Isolatoren einen negativen Temperaturkoeffizienten besitzen, das heisst mit sinkender Temperatur zunehmen, so war es von Interesse, solche Körper, welche bereits bei gewöhnlicher Temperatur eine hohe Dielektrizitätskonstante besitzen, auch bei tiefen Temperaturen der Unter-

1) Wied. Ann. 60, 54, 1897.

suchung zu unterwerfen, um zu sehen, ob man dadurch zu Werten der Dielektrizitätskonstante gelangen könne, welche derjenigen des Wassers nahe kommen. Die Messungen, die nach dem Nernstschen Verfahren vorgenommen wurden und Toluol, Äther, Amylalkohol, Aceton, Äthylalkohol und eine Mischung von 10 Teilen des letzteren mit 1 Teil Wasser betrafen, erstrecken sich bis zur Temperatur des Kohlensäure-Äther-Gemisches. Bei allen Substanzen wächst die Dielektrizitätskonstante stark mit abnehmender Temperatur; beim Toluol, welches annähernd dem Maxwellschen Gesetze folgt, bleibt der Temperaturkoeffizient bis zu tiefen Temperaturen konstant oder zeigt allenfalls eine geringe Abnahme, während bei Äther, Äthyl- und Amylalkohol der Temperaturkoeffizient mit abnehmender Temperatur wächst und sehr nahe der Dielektrizitätskonstante selbst proportional ist; er lässt sich für die drei genannten Substanzen durch die Formel

$$-\frac{dD}{dt}=\frac{D}{190}$$

darstellen. Die höchsten beobachteten Werte betrugen für Tuluol 2,51; für Äther 6,86; für Amylalkohol 29,1; für Aceton 34,5; für Äthylalkohol 44,3 und für die Mischung desselben mit Wasser 56,6. Durch genügende Temperaturerniedrigung gelangt man also in den Besitz von Flüssigkeiten, d. h. von Lösungsmitteln, deren Dielektrizitätskonstante von der gleichen Grössenordnung ist wie diejenige des Wassers. Diese Thatsache ist von besonderem Interesse wegen der Beziehung, welche nach Nernst die dissoziierende Kraft eines Lösungsmittels mit seiner Dielektrizitätskonstante verknüpft.

Dass die obige Formel auch für tiefere Temperaturen noch die Beobachtungen mit hinreichender Genauigkeit darstellt, ist sodann durch R. Abegg und W. Seitz[1]) an Amyl-, Isobutyl-, Propyl-, Äthyl- und Methylalkohol für Temperaturen bis zu $-125,9^0$ nachgewiesen worden. Für die erstarrten Alkohole fanden sich, analog dem Verhalten des Wassers, ganz kleine Dielektrizitätskonstanten, in welche die grossen Konstanten der flüssigen Alkohole beim Gefrieren sprungweise übergehen. Der glasig feste und der krystallinische Zustand der Alkohole unterscheiden sich dielektrisch nicht merklich voneinander.

Dielektrizitätskonstanten von verflüssigten Gasen sind verschiedentlich gemessen worden. Fleming und Dewar[2]) fanden die Dielektrizitätskonstante des flüssigen Sauerstoffs bei $-182^0 = 1,493$; der Brechungsexponent ist nach Liveing und Dewar = 1,2181; der flüssige Sauerstoff folgt also dem Maxwellschen Gesetze. Hasenöhrl[1]) findet nach Gordons Methode die Dielektrizitätskonstante des flüssigen Sauerstoffs = 1,465, diejenige des flüssigen Stickoxyduls = 1,933.

1) Zeitschr. f. phys. Chem. **29**, 242, 1899.
2) Proc. Roy. Soc. **60**, 358, 1896.

F. Linde[2]) hat die Dielektrizitätskonstante des flüssigen Stickoxyduls und der flüssigen Kohlensäure nach dem Schillerschen, diejenige der Kohlensäure und des flüssigen Chlors nach dem Nernstschen Verfahren bestimmt. Für die flüssige Kohlensäure fand sich nach dem Schillerschen Verfahren bei $-7,5^0$ $D = 1,621$, bei $+15,5^0$ $D = 1,530$; nach dem Nernstschen Verfahren bei $-7,5^0$ $D = 1,621$, bei $+15,5^0$ $D = 1,530$. Die Werte für Stickoxydul waren im Mittel $D = 1,643$ bei -6^0 und $D = 1,522$ bei $+14,5^0$, diejenigen für Chlor waren $D = 2,164$ zwischen -60^0 und -70^0 und $D = 1,948$ bei $+8^0$. Für schweflige Säure ergab sich bei $+23^0$ $D = 14,8$. Versuche mit flüssigem Ammoniak führten wegen der Leitfähigkeit desselben nicht zum Ziel. Nach Goodwin und de Kay Thompson,[3]) welche die Dielektrizitätskonstante des flüssigen Ammoniaks nach Drudes Verfahren bestimmten, liegt dieselbe zwischen 21 und 23.

Diese letztere Zahl erhält, im Hinblick auf die bereits erwähnte Beziehung zwischen Dielektrizitätskonstante und Dissoziationsvermögen eines Lösungsmittels, eine besondere Bedeutung durch den Umstand, dass das flüssige Ammoniak ebenso wie das Wasser eine Reihe von Salzen löst und dass diese Lösungen den elektrischen Strom gut leiten, dass also die gelösten Stoffe stark dissoziiert sein müssen. Die Leitfähigkeit des reinen flüssigen Ammoniaks beträgt nach H. P. Cady[4]) 71.10^{-7}; H. M. Goodwin und M. de Kay Thompson[5]) finden bei $-29,5^0$ $k = 1,392.10^{-4}$, bei $-13,0^0$ $k = 1,688.10^{-4}$; dagegen hat Frenzel[6]) neuerdings mit sorgfältig gereinigtem Ammoniak noch kleinere Werte erhalten als Cady, nämlich $1,33.10^{-7}$ bei $-79,3^0$ und $1,47.10^{-7}$ bei $-74,6^0$. Auch diese Werte sind übrigens noch viermal so gross als derjenige der Leitfähigkeit des reinen Wassers nach Kohlrausch. Ein geringer Wassergehalt steigert nach Frenzel die Leitfähigkeit des flüssigen Ammoniaks nur wenig. Der Temperaturkoeffizient der Leitfähigkeit beträgt im Mittel 1,9 Proz.; Verunreinigungen bewirken, ähnlich wie beim Wasser, dass der Temperaturkoeffizient in dem Masse sinkt, wie die Leitfähigkeit steigt. Nach Frenzel beruht die

1) Communications of the Phys. Laboratory of Leiden, No. 51.
2) Wied. Ann. **56**, 546, 1895.
3) Physical Review **8**, 38, 1899.
4) Journ. Phys. Chemistry **1**, 707, 1897.
5) loc. cit.
6) Zeitschr. f. Elektrochem. **6**, 477, 485 und 493, 1900.

Leitfähigkeit des flüssigen Ammoniaks darauf, dass dasselbe sich als schwache dreibasische Säure verhält und teilweise in N und H dissoziiert ist.

E. C. Franklin und C. A. Kraus[1]) haben die Löslichkeit von etwa 500 Stoffen in flüssigem Ammoniak untersucht. Ob eine Substanz wenig oder gar nicht löslich war, wurde durch Bestimmen der Leitfähigkeit des Ammoniaks, nachdem dasselbe mit der betreffenden Substanz in Berührung gestanden hatte, entschieden. Was die Leitfähigkeit selbst anbelangt, so fanden sich die Salze im Ammoniak meist weniger dissoziiert als im Wasser. Die Grenze der molekularen Leitfähigkeit der binären Salze im Ammoniak bei -38^0 liegt bei ca. 290 bis 340 Kohlrausch-Einheiten; das einzige untersuchte ternäre Salz, Strontiumnitrat, hat hohe molekulare Leitfähigkeit und erreicht, wie im Wasser, das Maximum langsamer als die binären Salze. Franklin und Kraus[1]) haben auch die molekulare Siedepunktserhöhung des flüssigen Ammoniaks gemessen und finden dieselbe aus einer Reihe von Bestimmungen = ca. 3,4. Ein ferneres Eingehen auf den chemischen Teil der zitierten Arbeiten würde uns zu weit führen; es mag genügen, auf die einschlägigen Untersuchungen hingewiesen zu haben, deren Ausdehnung auch auf andere verflüssigte Gase von zusammengesetztem Charakter gewiss für den Physiker nicht minder wie für den Chemiker interessante Ergebnisse liefern wird.

1) Amer. Chem. Journ. **20**, 820, 1898.

1) Ibid. 836.

(Eingegangen 16. August 1900.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

E. Lecher (Prag), Über unipolare Induktion und den Pohlschen Versuch.

Der Vortragende, gewohnt alle elektromagnetischen Erscheinungen nur mit Hilfe des Kraftlinienbegriffes zu erklären, wendet sich gegen das Biot-Savartsche Elementargesetz und zwar hauptsächlich gegen jene moderne Fassung desselben, wonach ein Pol um einen linearen Leiter längs dessen Kraftlinien rotieren müsse. Es sei hier eine pädagogisch zwar sehr bequeme, aber unrichtige Vermengung von älteren und neueren Vorstellungen eingetreten.

Diese in fast allen Lehrbüchern, besonders bei Schilderung des bekannten Pohlschen Versuches beliebte Darstellung vernachlässigt ganz die Wirkung der vom Pole weit entfernten seitlichen Stromzuleitungen und nennt nur ausschliesslich die Wirkung des centralen, den Polen sehr nahen Leiters. Nach Faraday ist des letzteren Einfluss gleich Null, was man am deutlichsten erkennt, wenn man sich beim Pohlschen Versuche mehrere Magnete rings um diesen centralen Leiter denkt und so einen Übergang zur unipolaren Induktion gewinnt. Dann gehen durch die Mitte dieses Magnetsystemes gar keine Kraftlinien und es muss auch nach Faraday die Bewegungsursache ganz in den seitlichen Zuleitungsdrähten gesucht werden. Macht man z. B. den mit den Magneten fest verbundenen horizontalen Zuleitungsdraht sehr lang, so hört jede ponderomotorische oder Induktionswirkung ganz auf.

Die vom Vortragenden beanstandete Auffassung rührt schon von Biot selbst her und führt leicht zu Widersprüchen. Ein solcher Widerspruch tritt auf zwischen der Erklärung eines Fleischmannschen Versuches durch W. König[1]) und Versuchen des Vortragenden,[2]) wenn man das Biotsche Elementargesetz nur auf den centralen Leiter anwendet und nicht den Einfluss des ganzen Stromkreises in Rechnung zieht.

Wenn also die übliche Erklärung des alten Pohlschen Versuches mittels Rotation eines Poles längs den Kraftlinien des centralen Mittelleiters unhaltbar ist, so schwindet leider auch die Schönheit dieses Versuches, da eine richtige Begründung der Rotation verhältnismässig viel weiter ausholen muss, als dies bisher zu geschehen pflegte.

1) Wied. Ann. **1897**, 519. — Ann. d. Phys. **2**, 854, 1900.
2) Wied. Ann. **69**, 781, 1899.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 1. Oktober 1900.)

E. Englisch (Stuttgart), Normale Entwickelung solarisierter Schichten.

Der Vortragende ist bei Untersuchungen über die Natur solarisierter Schichten zu der mit Luthers Anschauung übereinstimmenden Annahme gekommen, dass die Solarisation wenigstens teilweise bedingt sei durch eine Gerbung der Gelatineschicht durch freigewordenes Brom. Je weiter die Solarisation fortschreitet, desto mehr wird die Gelatine gegerbt, wenigstens gilt dies für den Bereich der Belichtung, welcher

gleiche Schwärzung der Schicht bei der Entwickelung liefert, wenn diese lange genug fortgesetzt wird (sog. erster neutraler Zustand Janssens). Die veränderte Quellbarkeit der Gelatine benützt der Vortragende, um innerhalb des neutralen Zustandes solarisierte Schichten normal zu entwickeln; bei kurzer Entwickelung erscheinen die am kürzesten belichteten Stellen dunkel, die am längsten belichteten hell; mit zunehmender Entwickelungsdauer nähern sich dann alle Schwärzungen dem Maximum der möglichen Dichte des Silberniederschlages. Werden nun derart belichtete Platten in Natriumthiosulfatlösung 1:10 ein bis fünf Minuten gebadet, so wird an den wenigst belichteten, also wenigst gegerbten Stellen das Bromsilber mehr herausgelöst, als an den stärker belichteten und demnach stärker gegerbten Stellen. Werden nun die Platten gut abgespült und mit normalem Metolsodaentwickler hervorgerufen, so wird die Dichte des Niederschlages der noch vorhandenen Bromsilbermenge entsprechen und ein mit steigender Belichtung steigende Dichtigkeit aufweisendes Bild entstehen, entgegengesetzt dem bei direkter Entwickelung entstehenden. Dieses Bild ist also wie ein normales; die ganze Platte ist natürlich weniger dicht, als die direkt entwickelte, aber die Reihenfolge der Schwärzungen ist umgekehrt.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 9. Oktober 1900.)

E. Englisch (Stuttgart), Über Versuche von Precht und Englisch über Bildervergrösserung durch Entwickelung.

Eine Lochplatte lag auf der Bromsilbergelatineschicht eben auf, welche durch verschiedene Lichtquellen belichtet und verschiedene Zeiten (1 bis 32 Minuten) mit Eisenoxalat entwickelt wurde. Die Löcher und deren Bilder wurden mikroskopisch gemessen. Bei Belichtung mit der von Englisch beschriebenen, mit Amylacetat brennenden Benzinlampe (nähere Mitteilungen über diese Lampe sollen folgen) von etwa 0,4 Hefner Lichtstärke aus 2 m Entfernung wurde keine Bildvergrösserung mit zunehmender Entwickelungsdauer mehr gefunden, obwohl die Platten manchmal stark schleierten. Die unter anderen Umständen beobachteten Bildervergrösserungen müssen auf Veränderungen des Bromsilbers geschoben werden, welche von in der Schicht zerstreutem Licht herrühren, wobei sich ergiebt, dass die Entwickelung schwacher Lichteindrücke mit Eisenoxalat längere Zeit braucht, als bisher angenommen war. In der That war auch bei intensiveren Lichtquellen die Bildpunktvergrösserung durch Entwickelungsdauer klein, wenn der energische Metolentwickler angewandt wurde, und der Bildpunkt hatte seine volle Grösse nach 4 Minuten langer Entwickelung erreicht. Damit ist die von Precht in Übereinstimmung mit Eder ausgesprochene Annahme bestätigt, dass nur im Licht veränderte Bromsilberkörner durch die Entwickelung zu Silber reduziert werden.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 9. Oktober 1900.)

REFERATE.

Elektrotechnik.
Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Guarinis automatischer Wiederholer für drahtlose Telegraphie.

Die drahtlose Telegraphie ist jetzt ohne Zweifel bereits in dem Stadium praktischer Brauchbarkeit. Auf Entfernungen bis zu 150 km sind auf offener See noch überraschend gute Resultate erzielt worden. Wenn auch noch durch Verbesserungen und Modifikationen der Marconischen Anordnung diese Entfernung überschritten werden dürfte, so giebt es doch zweifellos für die direkte Übertragung eine Grenze. Es liegt daher nahe, ähnlich wie bei den gewöhnlichen Telegraphenlinien, auch für die drahtlose Telegraphie Relais oder automatische Wiederholer anzuwenden, um die ankommenden Zeichen verstärkt zur nächsten Station weiterzugeben.

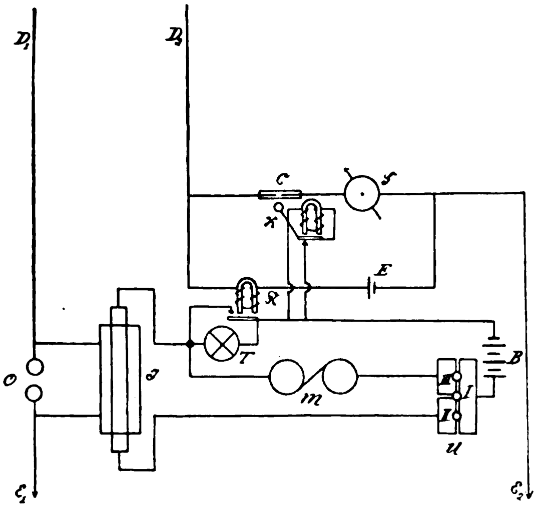
Der Guarinische automatische Wiederholer, auf dessen Konstruktion nach Angaben des Erfinders im „L'Électricien" [1]) im folgenden etwas näher eingegangen werden soll, dient hauptsächlich für bewegliche Stationen, beispielsweise zur Verständigung dreier Schiffe, von denen eines Zwischenstation bildet.

Der Apparat funktioniert zuerst als Empfänger und dann automatisch als Geber, stellt also eine Kombination von Gebe- und Empfangsstation dar. Das Prinzip des verhältnismässig einfachen Apparates lässt sich auch auf alle anderen Systeme leitungsloser Telegraphie übertragen.

Umstehende Figur stellt schematisch die Schaltungsweise des automatischen Wiederholers für die Marconitelegraphie dar. Der Geber besteht aus dem Funkeninduktor J mit Manipulator T und dem Oscillator O, der einerseits mit dem Strahldraht D_1, andererseits mit der

1) L'Électricien, 17. März 1900.

Erdleitung E_1 in Verbindung steht. In einem eisernen Gehäuse befinden sich die Teile des Empfangsapparates, bestehend aus dem Kohärer *C*, Relais *R*, Element *E* und Klopfer *K*. Der Morseapparat *M* und der dreifache Umschalter *U*, sowie die elektrische Energiequelle *B* befinden sich ausserhalb des Gehäuses.



Der Empfangsapparat ist mit einem besonderen Luftdraht D_2 ausgerüstet, da sonst, falls der Kohärer mit D_1 in Verbindung stände, beim Funktionieren des Oscillators *O* die Empfindlichkeit des Kohärers verändert werden würde. Der zweite Luftdraht lässt sich aber durch Anwendung eines parallel zum primären Stromkreis des Induktors geschalteten Unterbrechers, der die Verbindung des Strahldrahtes mit dem Kohärer beim Arbeiten des Oscillators aufhebt, leicht umgehen.

Der Apparat kann als Sender, Empfänger oder als Relais dienen.

Im ersten Fall wird der Umschalter so gestöpselt, dass *I* mit *II* in Verbindung steht. Durch Bethätigung des Manipulators *T* erfolgt jetzt die Zeichengabe. Die Anordnung ist, wie aus der Figur ersichtlich, eine derartige, dass nach beendeter Zeichengabe der Kohärer, der während derselben fortwährend ausgelöst wurde, durch Anschlag des Klopfers automatisch seinen hohen Widerstand wieder annimmt, so dass er auf eine ankommende elektrische Welle reagieren kann. In diesem Fall wird beim Umschalter *U* Platte *I* mit *III* verbunden und der Apparat funktioniert wie ein Marconiempfänger.

Soll endlich der Apparat als Wiederholer dienen, so steht Platte *I* mit *II* in Kommunikation, wie bei der Gebestellung. Die eintreffende Welle wirkt auf den Kohärer, das Relais *R* wird bethätigt und schliesst den primären Stromkreis des zur Speisung des Oscillators dienenden Induktors.

Zu derselben Zeit, in welcher ein kräftiger Wellenimpuls den Strahldraht durchfliesst, wird der Klopfer bethätigt, der den Kohärer für eine neue Welle empfänglich macht. Je nach der Dauer des Impulses giebt der Apparat Punkte oder Striche des Morsealphabetes weiter, die von der Empfangsstation registriert werden. Durch Verwendung des mittleren Stöpsels, der *I* mit *II* und *III* verbindet, kann man die vom Apparate aufgegebenen oder weitergegebenen Telegramme durch den Farbschreiber *M* aufzeichnen lassen.

Bei Anwendung mehrerer solcher Guarinischen Wiederholer auf einer längeren Linie machen sich beträchtliche Schwierigkeiten geltend, insofern nämlich, als die Wellen einer Zwischenstation nicht nur auf die folgende, sondern auch wieder rückwärts auf die vorhergehende Station einwirken. Durch Anwendung von Scheidewänden, resp. Reflektoren, die den elektrischen Strahlen nur nach einer Richtung sich auszubreiten gestatten, will Guarini diesen Übelstand beseitigt haben, ja er hält es sogar für möglich, auf diese Weise Übertragungen gleichzeitig in entgegengesetzten Richtungen auszuführen. Wenn auch eine telegraphische Verbindung zwischen London und New-York durch zahlreiche, auf verankerten Bojen befindliche Guarinische Apparate noch ein Zukunftstraum des Erfinders ist, so kann man doch nicht leugnen, dass die Anwendung des Wiederholers in manchen Fällen von praktischem Wert sein und in die Entwickelung der drahtlosen Telegraphie ein fortschrittliches Moment bringen wird.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 2. Oktober 1900.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Boehm, Karl, Zur Integration partieller Differentialsysteme. Leipzig, B. G. Teubner. 1900. 55 S. M. 1.80.

Kohlrausch, Friedrich, Die Energie oder Arbeit und die Anwendungen des elektrischen Stromes. Leipzig, Duncker & Humblot. 1900. VI u. 77 S. Gebunden M. 2.40.

Liebenow, C., Die atmosphärische Elektrizität, ihre Verteilung und wahrscheinlichen Ursachen. Halle, Wilhelm Knapp. 1900. VIII u. 40 S. M. 2.—.

Suter, Heinrich, Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke. (A. u. a. S.: Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen. 10. Heft). Leipzig, B. G. Teubner. 1900. IX u. 278 S. M. 14.—.

Personalien.

Dem Assistenten an der Universitäts-Sternwarte in Kiel Dr. Ristenpart ist eine wissenschaftliche Beamtenstelle bei der königlichen Akademie der Wissenschaften in Berlin übertragen worden.

Der Dozent für Geodäsie Georg Hillmer wurde zum Professor an der Landwirtschaftlichen Akademie zu Bonn-Poppelsdorf ernannt.

Der an Stelle des verstorbenen Professors Soret zum Ordinarius für Physik an der Universität Genf ernannte Professor Curie-Paris hat, bevor er noch sein Lehramt angetreten, seine Entlassung erwirkt, um eine Professur an der Universität Paris zu übernehmen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 5. 3. November 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Durch Kathodenstrahlen erzeugte Farbenringe an Krystallplatten.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von W. Biegon von Czudnochowski.

Vor einiger Zeit beobachtete ich das Auftreten einer eigentümlichen Färbung an farblosem Flussspat infolge Einwirkung von Kathodenstrahlen.[1]) Es handelte sich dabei um ein Stück farblosen krystallisierten Flussspates in einem sog. Crookesschen Apparate von der Form wie Figur 1 zeigt.[2]) An pulverisiertem

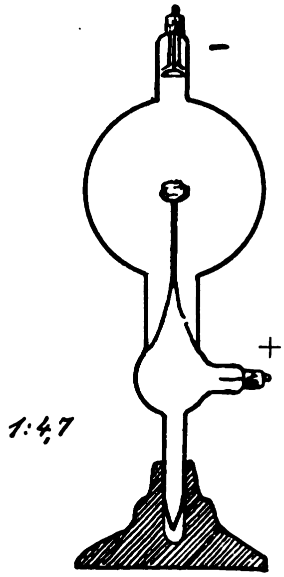


Fig. 1.

Flussspat haben Elster und Geitel früher schon das Auftreten einer bläulichvioletten Färbung beobachtet[3]); was mir aber an dem fraglichen Krystallstück auffiel, war eine eigentümliche, besonders deutlich am Rande des gefärbten Oberflächengebietes auftretende Bronzefarbe im reflektierten Lichte.[1]) Bei längerem Gebrauche des erwähnten Apparates trat nun ausser einer Ausdehnung der Färbung noch eine neue eigentümliche Erscheinung hinzu: es zeigten sich nämlich im reflektierten Lichte Farbenringe. Der äusserste Rand erschien matt bronzefarbig, dann folgte ein recht sattes Gelb, diesem Rot, und die Mitte erschien blauviolett. Setzte man den Gebrauch des Apparates fort, so dehnte sich das geschilderte Ringsystem aus und es erschien, aus der Mitte sich entwickelnd, ein neues. Diese Beobachtung veranlasste mich die fragliche Erscheinung einer genaueren Untersuchung zu unterziehen. Der in Figur 1 gezeichnete Apparat hat eine Hohlspiegelkathode von solcher Krümmung, dass der Konvergenzpunkt der Kathodenstrahlen einige Centimeter oberhalb des Krystallstückes liegt. Für eingehendere Untersuchungen dient der Apparat Figur 2. Die Kugel desselben hat 6 cm Durch-

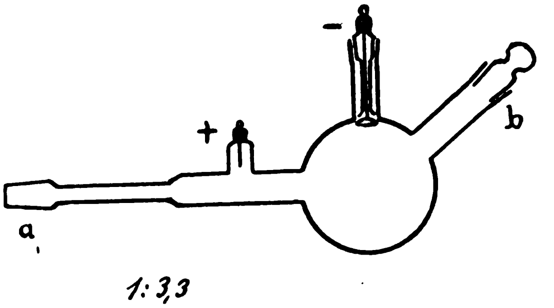


Fig. 2.

messer; der links befindliche Schliff *a* dient zum Ansetzen an eine Quecksilberluftpumpe. In einem kleinen Ansatz befindet sich die Drahtanode; die Kathode ist, ebenfalls hohlspiegelförmig, von solcher Krümmung, dass der Konvergenzpunkt der Kathodenstrahlen etwa

1) Diese Zeitschrift **1**, 387, 1900.
2) Angefertigt von M. Stuhl, Berlin, Philippstrasse 22.
3) Wied. Ann. **59**, 493, 1896.

1) Diese Zeitschr. a. a. O.

in der Mitte der Kugel sich befindet, und ist in einen eingeschliffenen Glasstopfen eingesetzt, der gegen einen zweiten mit ebener Kathode vertauscht werden kann.[1]) Der grosse Schliff *b* rechts, von 25 mm Durchmesser im Lichten, dient zum Einbringen der zu untersuchenden Substanzen. Als Stromquelle diente ein Induktorium von 4 cm Funkenlänge mit Platinunterbrecher[2]), gespeist von 6 Akkumulatoren unter Verwendung eines achtstufigen Regulierwiderstandes. Der Grad der Verdünnung, bei der die Versuche vorgenommen wurden, liess sich leider wegen Mangels einer geeigneten Messvorrichtung nicht bestimmen; es wurde aber dafür Sorge getragen, dass bei allen Versuchen das Aussehen der Entladung möglichst das gleiche war, d. h. dass in der Kugel kein merkliches blaues Licht auftrat, dagegen starke hellgrüne Phosphorescenz der Glaswand, und dass die Kathodenstrahlen eben nur noch schwach sichtbar waren.

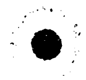


Fig. 3.

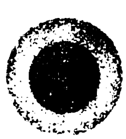


Fig. 4.

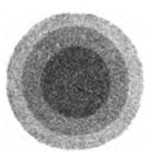


Fig. 5.

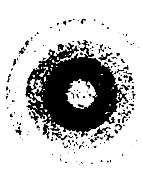


Fig. 6.

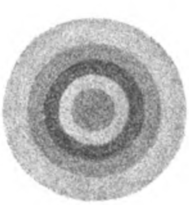


Fig. 7.

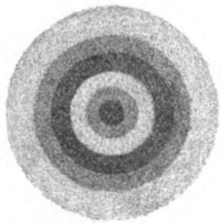


Fig. 8.

Als zu untersuchende Substanzen habe ich bis jetzt klaren farblosen Flussspat (aus Tirol), desgl. rötlichen (aus Northumberland), sowie farbloses Steinsalz in Platten von 10 × 10 mm Fläche und ca. 3 mm Dicke benutzt. Der farblose Flussspat war nach 15 Minuten Einwirkung der Kathodenstrahlen auf einem annähernd kreisförmigen Gebiete seiner Oberfläche von 7 mm Durchmesser deutlich gefärbt, und zwar folgten sich von aussen nach innen folgende Farben: silbergrau, gelblich, orange, bräunlich, bläulich. Am farbigen Flussspat und am Steinsalz waren die Resultate nur wenig abweichend, nur stört bei dem letzteren das Auftreten der braunen Färbung des ganzen Stückes[3]). Die beschriebene Erscheinung habe ich bis jetzt nur von Hohlspiegelkathoden erhalten können, ebene Kathoden ergaben nur eine gleichmässige Färbung.

1) Alle Elektroden sind aus Aluminium.
2) Von P. Gebhardt, Berlin, Neue Schönhauserstrasse 6.
3) Siehe O. Lehmann, Elektr. Entladungen. Halle, W. Knapp 489, 1898 sowie die dort angegebene Litteratur.

In Figur 3 — 8 ist schematisch der Verlauf der Erscheinung dargestellt, wie ich ihn an farblosem Flussspat in Apparat Figur 1 beobachtet habe. In nachstehender Tabelle habe ich die auftretenden Farben zum Vergleiche zusammengestellt mit denen der sog. Newtonschen Ringe[1]) und den beim Anlassen von Stahl auftretenden.

Kathodenstrahlfarben.	Newtonsche Farben.	Anlauffarben.
Grau	Graugrün	Strohgelb
Gelb	Mattpurpur	Orange
Orange	Fahlgelb	Rot
Braungelb	Grün	Dunkelblau
Violett	Blaugrün	Hellblau
Gelb	Purpurviolett	Mattrosa
Rot	Rot	Grünlich
Violett	Gelb	Wasserblau
	Himmelblau	Gelblich
	Violett	
	Braungelb	
	Strohgelb	
	Lawendelgrau	

Bezüglich des Stahles ist zu bemerken, dass die Angaben sich auf eine in der Mitte erwärmte Platte beziehen, wodurch die Anlauffarben in Ringform erscheinen, und ferner, dass alle drei Farbenreihen in der Reihenfolge von aussen nach innen angegeben sind. Man sieht, Reihe 1 stimmt ziemlich gut mit Reihe 3, ist dagegen umgekehrt wie Reihe 2.

Weitere Untersuchungen über die in Rede stehende Erscheinung sind teils im Gange, teils in Vorbereitung, worüber ich s. Z. ausführlich zu berichten gedenke.

1) Entnommen aus Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik. 9. Aufl., II,1, 907, 1897.

Berlin, d. 14. Oktober 1900.

(Eingegangen 16. Oktober 1900.)

Luftelektrische Messungen während der totalen Sonnenfinsternis zu Algier am 28. Mai 1900.

Von Julius Elster.

Gelegentlich einer Urlaubsreise durch Sizilien und Nordafrika war es mir möglich, meine Dispositionen so zu treffen, dass ich die Zeit vom 25. bis 30. Mai in Algier anwesend war. Da ich Exners luftelektrische transportable Apparate mit mir führte, so habe ich es nicht unterlassen, während der Dauer der Sonnenfinsternis Bestimmungen des elektrischen Potentialgefälles, wenn auch nur in relativem Maasse, vorzunehmen.

Die Beobachtungen wurden auf einem fast ebenen, frei gelegenen Rasenplatze der Villa Rose in Mustapha supérieur, also oberhalb Algiers angestellt. Der gewählte Standort gewährte einen freien Überblick über die Stadt Algier und das Meer. Ich las in passenden Zeitintervallen das Elektroskop ab und kontrollierte fast andauernd den Stand der Blättchen.

Die gewonnenen Resultate sind in der untenstehenden Tabelle angegeben und in der beigefügten Figur graphisch dargestellt.

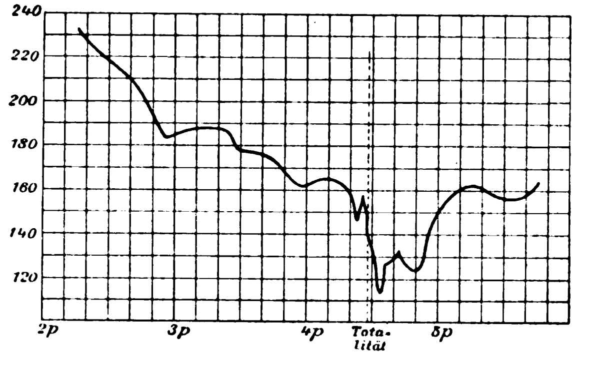
Zeit	Potentialgefälle Skalenteile	Volt	
12^h 30′	11.0	+ 177	
2^h 15′	15.8	+ 233	
2^h 43′	13.1	+ 206	
2^h 53′	11.5	+ 184	
3^h 23′	11.8	+ 188	
„ 30′	11.0	+ 177	
„ 40′	11.0	+ 177	
„ 51′	9.8	+ 165	
„ 59′	9.5	+ 162	
4^h 14′	9.8	+ 165	
„ 22′	9.1	+ 158	
„ 23′	9.0	+ 157	
„ 24′	8.1	+ 148	
„ 25′	9.2	+ 159	
„ 26′	8.5	+ 152	
„ 27′	8.0	+ 146	
„ 28′	7.0	+ 133	
„ 29′	6.9	+ 132	Totalität
„ 30′	7.0	+ 133	
„ 33′	5.0	+ 113	
„ 35′	5.0	+ 113	
„ 36′	6.2	+ 126	
„ 37′	6.2	+ 126	
„ 42′	6.8	+ 131	
„ 48′	6.0	+ 124	
„ 54′	6.2	+ 126	
„ 59′	8.2	+ 148	
5^h 6′	9.0	+ 157	
„ 15′	9.5	+ 162	
„ 25′	9.0	+ 157	
„ 38′	8.8	+ 155	
„ 47′	9.5	+ 162	

Man erkennt, dass kurz nach der Totalität ein ausgesprochenes Minimum des Potentialgefälles der atmosphärischen Elektrizität eintrat.

Während des ganzen Nachmittages wehte vom Meere her ein frischer Wind, so dass ich anfangs, bevor sich das als Kollektor dienende metallene Petroleumlämpchen ordentlich durchwärmt hatte, nur mit Mühe die Flamme brennend erhalten konnte. Kurz vor der Totalität frischte der Wind noch etwas auf und es entstand eine empfindliche Kühle, die auch nach der Totalität, wenn auch nicht im gleichen Betrage, bis zum Schlusse der Messungen andauerte.

Dem jähen Temperatursturze ist wohl auch zuzuschreiben, dass der Ebonitstab des Exnerschen Statives etwas von seiner Isolationsfähigkeit einbüsste; doch überzeugte ich mich, dass bei nicht brennender Lampe der Elektrizitätsverlust des leitenden Systemes (Lampe-Elektroskop) so gering war, dass das Bild des Ganges der Erscheinung nicht wesentlich getrübt sein kann.

Das beobachtete Minimum des Potentialgefälles unmittelbar nach der Totalität wird voraussichtlich in sekundärer Weise dadurch bedingt sein, dass in die über die Erde gleitende Bahn des Mondschattens Luftmassen vom Meere her aspiriert wurden, die von den früheren, am Beobachtungsorte befindlichen, elektrisch different waren.



Für diese Auffassung spricht der Umstand, dass auch die Elektrizitätszerstreuung in der Luft, die mittels eines besonderen Apparates kontrolliert wurde, während und nach der Totalität andere (höhere) Werte aufwies als vor derselben.

Schliesslich sei noch hervorgehoben, dass auch die früher von Geitel und mir gelegentlich der totalen Sonnenfinsternis im August 1887 zu Wolfenbüttel unter ungünstigen atmosphärischen Bedingungen versuchten analogen Beobachtungen ein deutliches Ansteigen des Potentialgefälles bald nach der Totalität erkennen liessen.[1]) Wenn die hier mitgeteilte Messung Veranlassung geben würde, in Zukunft die Expeditionen zur Beobachtung totaler Sonnenfinsternisse auch mit registrierenden elektrischen Instrumenten auszurüsten, so hätte sie ihren Zweck erfüllt.

1) Veröffentlicht in einer kurzen Notiz der Meteorolog. Zeitschrift **V.** 27, 1888.

Es ist bemerkenswert, dass R. Ludewig während der totalen Sonnenfinsternis am 22. Januar 1898 in Südindien ebenfalls eine deutliche Abnahme des Potentialgefälles während und unmittelbar nach der Totalität mit darauffolgender Zunahme zum normalen Werte beobachtete. Beibl. **23**, 857, 1899.

Wolfenbüttel im Juli 1900.

(Eingegangen 17. Oktober 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über magnetische Bilder und ihre Anwendung auf die Theorie der Motoren mit rotierendem Feld.[1])

Von Silvanus P. Thompson.

1. Von der Zeit an, in der durch Lord Kelvin der Gedanke in die Wissenschaft vom Magnetismus eingeführt wurde, die Wirkungen der magnetischen Induktion mittelst eines Systems von virtuellen Bildern zu erklären, haben sich viele Physiker dieser Methode bedient und die mathematischen Folgerungen derselben entwickelt.

Die Grundsätze dieser ebenso eleganten wie nützlichen Konzeption sind leicht darzulegen, falls es sich um einen feststehenden magnetischen Pol von konstanter Intensität handelt, der sein Bild in einer grossen, nahe am Pol befindlichen Eisenscheibe erzeugt. Es wird in der Folge gezeigt werden, dass bei beweglichen Polen oder solchen mit veränderlicher Intensität andere Grundsätze eintreten. Um die Beschreibung der Phänomene zu erleichtern, bezeichne ich mit homonym ein Bild, das mit dem Pol, von welchem es abgeleitet ist, gleichartig, — mit heteronym eins, entgegengesetzten Vorzeichens ist.

2. Magnetostatische Bilder. Eine ebene Eisenscheibe von beliebiger Grösse, genügender Dicke und sehr grosser magnetischer Durchlässigkeit, die nahe an einen magnetischen Pol herangebracht ist, bringt in dem Raum auf derselben Seite der Scheibe, wo sich der Primärpol befindet, dieselbe Wirkung hervor, die (ohne die Scheibe) ein heteronymer Pol gleicher Intensität erzeugt hätte, der in derselben Entfernung hinter der Scheibe angebracht wäre, in der der jetzt thätige sich vor der Scheibe befindet. Dieser Effekt ist der Produktion eines virtuellen Bildes äquivalent, da die Scheibe aus magnetischem Stoff als magnetischer Spiegel dient. Magnetische Bilder werden auch durch Eisenstücke mit nicht ebener Oberfläche, z. B. durch eine Kugel, erzeugt. Handelt es sich um eine Kugel, worüber Lord Kelvin[2]) vor 51 Jahren in geistvollster Weise geometrisch gearbeitet hat, so kann man leicht zeigen, dass das Bild in der Eisenkugel von einem an der äusseren Seite gelegenen Pole ein heteronymer Pol ist, der an einem Punkte innen liegt, der weniger weit von der Oberfläche entfernt ist, als der davorstehende Primärpol. Auch wird die Intensität dieses Bildes geringer sein, als die des Primärpols. Allgemein zusammenfassend kann man sagen, dass die magnetostatischen Bilder immer virtuelle Bilder sind, deren Lage und Intensität von der Form des Eisenspiegels abhängen.

3. Aus dem Prinzipe vom Potential[1]) lässt sich das Gesetz von der Bildung der magnetischen Bilder beim sphärischen Spiegel leicht ableiten, und aus diesem Gesetze kann dann ein solches für den ebenen Spiegel entwickelt werden. In jedem Falle ist jedoch als notwendig vorausgesetzt, dass die magnetische Materie eine unbegrenzt starke Durchlässigkeit im Vergleich zu der umgebenden Luft besitzt. Die Methode besteht darin, einen Punkt vom Potential Null zu finden, der zwischen dem Gegenstande und dem von ihm entworfenen, mutmasslichen Bilde liegt. Der geometrische Ort aller Punkte mit dem Potential Null wird also eine äquipotentielle Oberfläche vom Werte Null sein. Folglich wird der magnetische Spiegel, der imstande ist, das gleiche Bild wie das Objekt zu geben, eine Oberfläche von der nämlichen Form haben, und wird an derselben Stelle stehen müssen. Der Autor und sein Assistent, Herr Miles Waker, befolgten diese Methode in einem Aufsatze über magnetische Spiegel im Philosophical Magazine, Februar 1895. Aus diesem Aufsatze sind einige der folgenden Paragraphen ausgezogen:

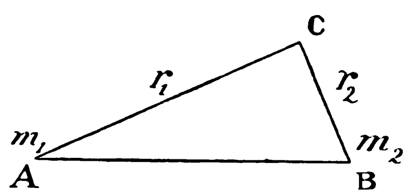


Fig. 1.

Wir betrachten an erster Stelle zwei Punkte A und B, an welchen sich zwei Pole der Intensität m_1 und m_2 befinden.

Wir nehmen dazu einen dritten Punkt C, dessen Entfernungen von A und B wir durch r_1 und r_2 bezeichnen. Im Punkt C wird das durch m_1 verursachte magnetische Potential $\frac{m_1}{r_1}$ sein; das durch m_2 erzeugte wird $\frac{m_2}{r_2}$ sein. Also

1) Vortrag, gehalten beim ersten nationalen Elektrikerkongress zu Como am 19. Sept. 1899.

2) Cambridge and Dublin Mathematical Journal 1848; Philosophical Magazine 1853. Siehe auch: Betti, Nuovo Cimento, XX.

1) Die Berechnungen von Lord Kelvin sind auf die gewöhnliche Theorie der Anziehung auf Entfernung gegründet. In der Anwendung der Methode vom Potential für die Behandlung dieser Methode bin ich den von Maxwell für den Fall der elektrischen Bilder angeführten Begründungen gefolgt. Siehe auch das Buch von Prof. Ermacora: I fenomeni elettrostatici (1882).

ist das Gesamtpotential in C gleich $\frac{m_1}{r_1} + \frac{m_2}{r_2}$. Damit das Gesamtpotential in C den Wert Null erhält, ist es offenbar notwendig, dass die beiden Grössen m_1 und m_2 entgegengesetzten Vorzeichens sind. Ist die Grösse m_1 positiv, so muss m_2 negativ sein.

Ist diese Bedingung erfüllt, so können wir schreiben

$$\frac{m_1}{r_1} - \frac{m_2}{r_2} = 0$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{m_1}{m_2}.$$

Aber das durch $\frac{m_1}{m_2}$ gegebene Grössenverhältnis ist konstant; folglich muss auch das Verhältnis $\frac{r_1}{r_2}$ konstant sein. Bewegt sich nun ein Punkt derart, dass das Verhältnis $\frac{r_1}{r_2}$ zwischen seinen respektiven Entfernungen zu zwei festen Punkten konstant bleibt, so wird der Ort seiner Bewegung — nach einem wohlbekannten geometrischen Theorem — die Oberfläche einer Kugel sein. Also hat die äquipotentielle Oberfläche vom Werte Null die Gestalt einer Hohlkugel.

Um die Lage dieser Kugel zu finden, verbinden wir die Punkte A und B durch die Linie AB, die wir auf der Seite von B verlängern.

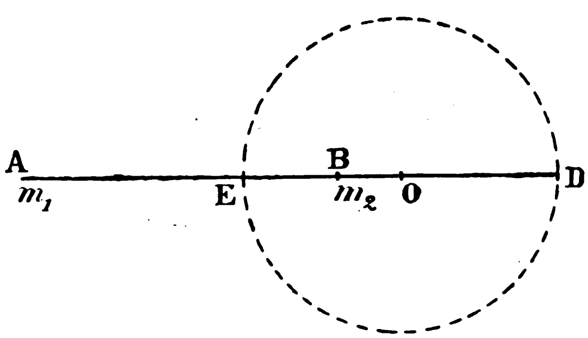


Fig. 2.

Hierauf bestimmen wir auf dieser Linie zwei Punkte D und E, einen ausserhalb, den anderen innerhalb des Abschnittes AB, so dass

$$\frac{AD}{BD} = \frac{AE}{BE} = \frac{m_1}{m_2}.$$

Auf der Linie DE als Durchmesser errichten wir einen Kreis. Dieser Kreis wird die Projektion der gesuchten Kugel sein.

Es folgt hieraus, dass im entgegengesetzten Falle, wenn die Eisenkugel und die Lage des äusseren Poles m_1 in Punkt A gegeben sind, wir immer durch dieselben Formeln die Lage von Punkt B, welcher das magnetische Bild von A ist, finden, und hierauf seine Intensität m_2 berechnen können.

Indem wir uns eines anderen Theorems der Geometrie bedienen, können wir schliesslich in die Formeln die Entfernungen der beiden Pole von jedem beliebigen Punkte, der gleich C auf

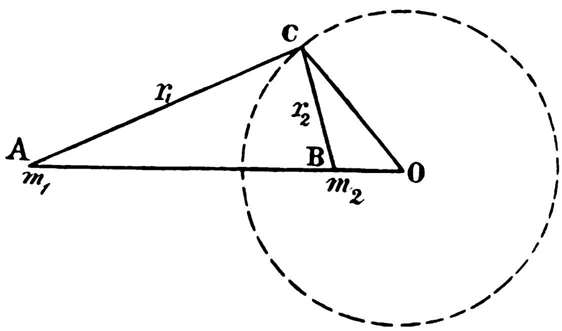


Fig. 3.

der Oberfläche der Kugel liegt, einsetzen. Weil bei Fig. 3 das Verhältnis dieser Entfernungen $\frac{AC}{BC}$ oder $\frac{r_1}{r_2}$ dem Verhältnis $\frac{AO}{OC}$ gleich ist, so folgt hieraus, dass der Radius der Kugel die Grösse von

$$OC = AO\frac{r_2}{r_1} = AO\frac{m_2}{m_1}$$

hat. Umgekehrt, wird die Entfernung d ($= AO$) des Pols A vom Centrum der Kugel durch die Formel

$$d = OC\frac{r_1}{r_2} = OC\frac{m_1}{m_2}$$

ausgedrückt. Die Betrachtungen führen uns zu einer graphischen Konstruktion, um die Lage von Punkt B zu finden. A bedeutet den Punkt mit dem Primärpol in der Entfernung $d = AO$ vom Centrum der Kugel mit gegebenem Durchmesser.

Wir beschreiben nun um A als Centrum den Bogen OC, der den Kreis bei C schneidet. Sodann nehmen wir C als Centrum, und schlagen

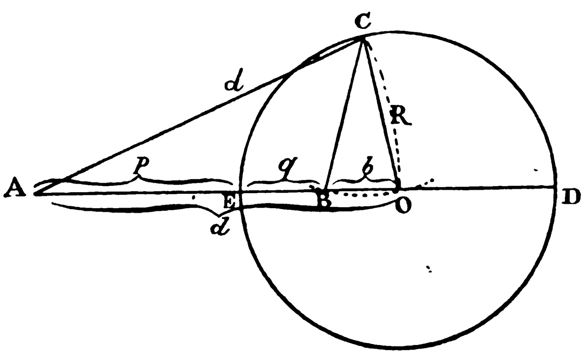


Fig. 4.

den Bogen OB, welcher die Linie AO in B schneidet. Der so gefundene Punkt B wird das Bild von A in der Kugel sein; denn die Bedingung, dass das Verhältnis $\frac{AC}{AB}$ konstant ist, hängt von der Gleichheit der Quotienten $\frac{OC}{OB}$ und $\frac{AO}{OC}$ ab; und diese Gleichheit ist vorhanden, weil die Dreiecke ACO und COB ähnlich sind.

4. Es wurde angenommen, dass das Potential der Kugel selbst immer Null bleibt. Trifft diese Annahme zu, so folgt daraus, dass, wenn man einen magnetischen Pol mit der Intensität m_1 in eine Entfernung d vom Centrum der Kugel mit dem Radius R bringt, die Verteilung des magnetischen Feldes aussen im Raume um die Kugel herum die nämliche sein wird, als ob keine Kugel vorhanden wäre, sondern an ihrer Stelle in Punkt B ein Pol mit einer Intensität gleich $-m_1 \frac{R}{d}$. In diesem Falle können wir sagen, dass die Kugel, welche wie ein konvexer Spiegel wirkt, ein virtuelles und verkleinertes Bild hervorgebracht hat, das in Punkt B liegt.

Anderseits muss angenommen werden, dass selbst wenn der Radius R der Kugel in Bezug auf die Entfernung zwischen der Oberfläche und dem Punkte A gross ist, ihr Potential beim Vorhandensein des magnetischen Primärpols nicht Null bleiben kann. Lord Kelvin, welcher eine andere Arbeitsmethode befolgte, hat nun in seinem Aufsatze aus dem Jahre 1848 dargelegt, dass, im allgemeinen Falle, wenn von der Annahme, dass die Kugel das Potential Null beibehält, abgesehen wird, die Wirkung eines äusseren Poles vom Werte $+m$, auf jeden äusseren Punkt im magnetischen Felde dieselbe ist, wie wenn sie von einem Doublet, das heisst einem Paare von Sekundärpolen, hervorgebracht wäre, von welchen sich der eine mit dem Werte $-m \frac{R}{d}$ in B, der andere mit dem Wert $+m \frac{R}{d}$ im Centrum der Kugel befindet. Die Länge der Entfernung zwischen diesen beiden Bildern wird $b = BO$ sein.

Die Verschiedenheit zwischen diesem und unserem Schluss bedeutet jedoch keinen wirklichen Widerspruch, weil das ursprüngliche Objekt — sei es ein Magnet oder ein System von Polen oder ein von einem elektrischen Strome durchflossenes Solenoid — stets ebenso viele Nord- als Südpole hat, die untereinander gleiche Intensität besitzen. Hieraus ergiebt sich, dass immer jedes magnetische Objekt im Innern der Kugel ebenso viele Bilder des Vorzeichens + wie des Vorzeichens — hervorbringt. Indem sich diese Bilder gegenseitig neutralisieren, werden sie nur die in den vorhergehenden Paragraphen betrachteten Bilder zurücklassen.

5. Es ist jetzt leicht die Beziehung zwischen dieser Erzeugung von magnetischen Bildern durch die Eisenkugel und der Produktion optischer Bilder durch einen sphärischen Spiegel zu sehen. Um unsere Formeln den optischen Formeln anzupassen, schreiben wir die resp. Entfernungen des Primär- und Sekundärpols vom nächsten Punkt der Kugeloberfläche wie folgt (Fig. 4)

$$AE = p = d - R; \quad BE = q = R - b.$$

Nun ist nach dem Grundsatz von den ähnlichen Dreiecken

$$\frac{d}{R} = \frac{R}{b};$$

und diese Beziehung kann man schreiben:

$$\frac{p + R}{R} = \frac{R}{R - q},$$

also

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{R} = \frac{1}{q}.$$

Diese Formel unterscheidet sich von der wohlbekannten Formel des optischen Spiegels dadurch, dass sie den Bruch $\frac{1}{R}$ an Stelle von $\frac{2}{R}$ enthält.

6. Hätten wir viele Pole oder viele magnetische Punkte ausserhalb der Kugel, so würde jeder sein virtuelles Bild innerhalb derselben erzeugen.

Ebenso würde ein magnetisches System von ganz beliebiger Zusammensetzung sein Bild erzeugen. Wird dagegen ein magnetisches System in eine eiserne Hohlkugel eingeführt, so wird ein virtuelles Bild hervorgerufen, welches aussen liegt. Die Punkte A und B sind genau wie in der Optik durch Wechselbeziehung verbunden.

7. Der Fall der ebenen Eisenscheibe kann in einfacher Weise behandelt werden, als wäre dieselbe ein Teil einer Kugel von unendlich grossem Durchmesser.

In diesem Fall ist $\frac{AO}{AC} = 1$; also $m_2 = m_1$, und ferner $r_1 = r_2$.

Das heisst, das Bild ist von gleicher Intensität wie der Gegenstand und befindet sich in derselben Entfernung wie dieser hinter der Scheibe.

8. In unserem Aufsatze vom Jahre 1895 haben wir die Resultate einiger Versuche über die Erzeugung magnetischer Bilder durch eine Eisenscheibe zusammengefasst. Bei diesen Versuchen verwendeten wir zwei Solenoide identischer Konstruktion, die wir in folgender Weise benutzten: Mit einem ballistischen Galvanometer und einer kleinen Prüfungsspule untersuchten wir die Intensität des magnetischen Feldes, das zuerst von einem der Solenoide in Gegenwart des ebenen

Eisenspiegels erregt war, ferner nachdem der Spiegel entfernt war; wir prüften hierauf die Intensität des Feldes, die durch die beiden Solenoide erzeugt war, von denen das eine an seinem ursprünglichen Platze blieb, das andere aber an die Stelle gebracht wurde, die vorher vom Bilde des ersten eingenommen worden war. Wir brauchen hier nicht alle Einzelheiten dieses Versuches zu wiederholen. In allen geprüften Fällen stimmen die Resultate des Versuches mit der auseinandergesetzten Theorie überein.

9. Magnetokinetische Bilder. — Die magnetischen Bilder eines magnetischen Poles, welcher sich bewegt oder seine Intensität verändert, werden bewegliche oder veränderliche Bilder genau in Übereinstimmung mit dem Primärpol, wofern diese Veränderungen oder Bewegungen langsam vor sich gehen. Geschehen Bewegungen oder Veränderungen zu schnell, so wird die Wirkung des Spiegels kompliziert durch die Anwesenheit von parasitischen elektrischen Strömen (oder sog. Foucaultschen Strömen), die in der Materie des Spiegels wirbelnd kreisen. Hätte man einen Spiegel von grosser magnetischer Durchlässigkeit, aber ohne elektrische Leitungsfähigkeit, so fände diese störende Wirkung nicht statt.

10. Elektromagnetische Bilder. — Setzt man anstatt der Eisenscheibe eine Kupferscheibe ein, so beobachtet man eine neue Erscheinung. Auf einer solchen Scheibe bringt weder ein feststehender Magnet, noch irgend ein in Ruhe befindliches magnetisches System eine Reflexionswirkung hervor. Anderseits erzielen bewegliche magnetische Pole und feststehende Pole mit veränderlicher Intensität einige neue Erscheinungen. Die Veränderungen des Magnetismus bringen in der That zwei Arten von Bildern auf einer Scheibe hervor, wenn diese ein guter elektrischer Leiter ist.

Man weiss, dass in jedem Falle, in welchem ein guter elektrischer Leiter, wie ein Stück Kupfer oder auch eine Kupferscheibe, sich in einem magnetischen Felde befindet, jedwede Veränderung seiner Intensität in dem Leiter Ströme erzeugt, deren Reaktion danach strebt, die Veränderung zu bekämpfen. Man hat stets zweierlei Reaktionen, eine mechanische und eine magnetische. Die mechanische Reaktion ist bestrebt, sich der Bewegung entgegenzusetzen (falls die Veränderung des magnetischen Kraftflusses durch eine Bewegung hervorgebracht worden ist), oder sie erstrebt die Erzeugung einer Bewegung in einem sich der Veränderung entgegensetzenden Sinne.

Die magnetische Reaktion hat stets das Bestreben, jeglicher Veränderung des Magnetismus Widerstand zu leisten. Im Falle einer Veränderung sowohl in betreff der Lage wie auch in betreff der Intensität des Poles zirkulieren die Ströme, die in die Kupferscheibe induziert sind, derartig, dass sie in dem Raum auf der anderen Seite der Kupferscheibe magnetische Kräfte hervorrufen, die danach streben, die Wirkungen der Veränderung des Primärpoles zunichte zu machen. Dieser Einfluss ist also gleichwertig mit dem Vorhandensein eines heteronymen Poles, der an demselben Platz sich befindet, wo der Primärpol steht. In anderen Worten, man erhält alsdann ein heteronymes und reelles Bild. Die Intensität dieses Bildes hängt von der Schnelligkeit der Bewegung und der Leitungsfähigkeit der Scheibe ab. Ist also die Bewegung sehr schnell, oder ist die Leitungsfähigkeit der Scheibe ausreichend gross, so wird die Intensität des Bildes der des Primärpoles gleich werden; die Wirkung desselben wird vollständig durch die Scheibe aufgehoben, welche als magnetischer Schirm wirkt, indem sie den Raum hinter der Scheibe vor allen magnetischen Einflüssen schützt. Sind die Bewegungen zu langsam, so ist dieser schützende Einfluss nicht vollständig, da die Intensität des Bildes nicht die des Primärpoles erreicht. In dem Raume vor der Scheibe wird die Wirkung der in der Scheibe induzierten Ströme verschieden sein. Das magnetische Feld wird nie zunichte gemacht, aber geschwächt werden, als ob hinter der Scheibe ein sich widersetzender homonymer Pol wäre. In dem Falle einer ebenen Scheibe wird dieses Bild ein homonymer und virtueller Pol werden, der sich in gleicher Entfernung wie der auf der anderen Seite gelegene befindet. In allen anderen Fällen, wenn der Kupferspiegel keine ebene Scheibe ist, wird es nötig, genau zwischen den beiden Arten von Bildern dahinter und davor zu unterscheiden. Ähnliche Betrachtungen lassen sich auf den Fall eines magnetischen Poles von veränderlicher Intensität, und besonders auf den Fall eines Poles anwenden, dessen Intensität regelmässig periodisch wechselt, wie z. B. der Pol eines Elektromagneten, dessen Spule von einem Wechselstrom durchlaufen wird. Einen derartigen Magneten kann man einen Wechselmagnet nennen.

11. Wir nehmen an, dass es sich um eine ebene Scheibe mit vollkommener Leitfähigkeit handelt, welche den ganzen Raum in zwei Regionen A und B teilt. In die Region A vor die Scheibe bringen wir einen Wechselmagnet M, oder ein von einem Wechselstrom durchflossenes Solenoid, welches — falls es sehr entfernt von jedem anderen Leiter aufgestellt ist — ein wechselndes magnetisches Feld von bekannter Beschaffenheit erzeugt. Wir sollen nun die Konfiguration des Feldes finden, wenn dieser Wechselmagnet in die Region A nahe an die leitende Scheibe gebracht wird.

Die hier gegebene Lösung ist nur auf Räume

anwendbar, die frei von leitender Materie sind. Für Räume, in denen sich nur Luft oder andere Nichtleiter befinden, gilt absolut das Gesetz von der Übereinanderlagerung der magnetischen Felder, weil die Formel, welche die Verteilung des Feldes ausdrückt, eine Linearfunktion mit nur einem Wert für jeden Punkt sein muss, ungeachtet, dass dieser Wert sich periodisch mit der Zeit verändert.[1])

Wir beziehen das System auf rechtwinklige Koordinaten. Die Ebene (y, z) sei die der Scheibe; man wünscht, die Verteilung des Feldes

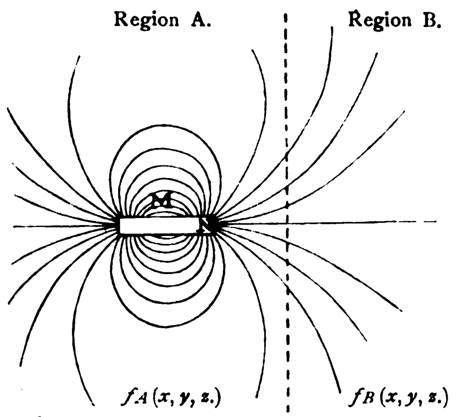


Fig. 5.

in Funktion von x, y, z auszudrücken. Es bezeichne f_B eine solche Funktion, dass, wenn man die Scheibe entfernt, die Verteilung in Raum B in einem besonderen gegebenen Moment durch $f_B\,(x, y, z)$ ausgedrückt wird. Wäre in diesem Moment der Wechselmagnet entgegengesetzten Vorzeichens, so würde die Verteilung durch $-f_B\,(x, y, z)$ ausgedrückt werden.

Ist die Scheibe vorhanden, so vernichtet sie durch ihren schützenden Einfluss das Feld in der ganzen Region B; und die Wirkung ist dieselbe, als ob die beiden Verteilungen $f_B\,(x, y, z)$ und $-f_B\,(x, y, z)$ übereinandergelegt wären. Das bedeutet, was die Region B anbelangt, dass die Wirkung dieselbe ist, als ob die Scheibe entfernt und an ihre Stelle in M ein Magnet von entgegengesetzter Polarität eingeschaltet wäre. Die Verteilung des Stromes in der Scheibe ist also eine solche, dass sie ein magnetisches Feld erzeugen kann, in welchem die Verteilung in Raum B im betrachteten Moment vollständig definiert wird durch

$$-f_B\,(x, y, z).$$

Betrachtet man die Scheibe von irgend welchem Punkte in Region B aus, so erzeugt dieselbe bei M, um uns so auszudrücken, ein reelles und heteronymes Bild des Magneten.

Wir haben gesagt, dass die Verteilung der Ströme in der Scheibe eine derartige ist, dass

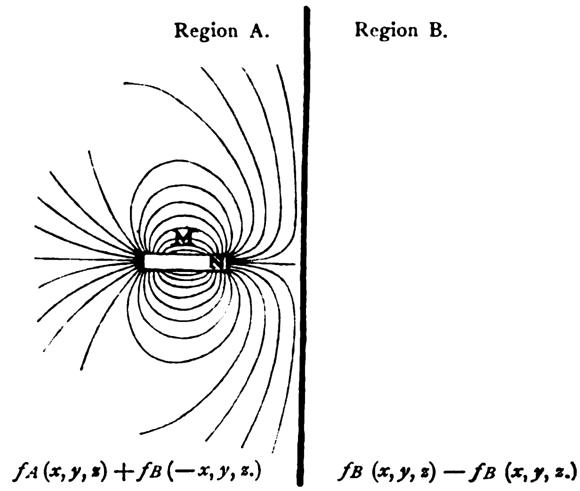


Fig. 6.

sie in Region B ein Bild erzeugt, das durch den Ausdruck

$$-f_B\,(x, y, z)$$

definiert wird.

Nun ist bekannt, dass jeder Strom oder jedes Stromsystem, welches in einer ebenen Scheibe zirkuliert, um die beiden Oberflächen dieser Ebene herum notwendig ein symmetrisches magnetisches Feld erzeugen muss. Könnten also die induzierten Ströme nach der Entfernung des

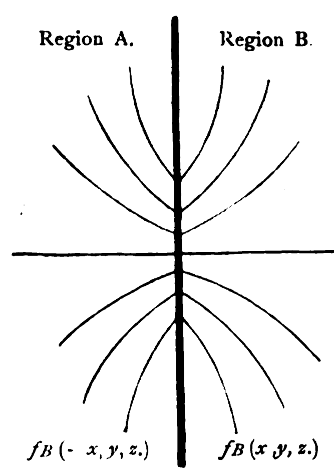


Fig. 7.

Magneten M vorhanden sein, so wäre die Verteilung des Feldes in Region A durch $f_B\,(-x, y, z)$ bezeichnet. Das bedeutet, dass die induzierten Ströme, sofern sie als selbständig wirkend betrachtet werden, in Region A ein Feld herstellen,

1) Annahme ist hier, dass die Wechsel nicht eine so grosse Häufigkeit haben, dass sie magnetische Wellen hervorbringen, deren Länge mit der Entfernung zwischen Scheibe und Magnet vergleichbar ist.

welches identisch ist mit dem eines Magneten, der in Punkt M' als Bild des Punktes M befindlich ist. Die entsprechenden Pole dieser Magnete sehen sich genau so an, wie es die Pole eines Magneten und die seines Bildes in einem optischen Spiegel thun würden. Durch diese Eigentümlichkeit gleichen die elektromagnetischen mehr als die magnetostatischen den optischen Bildern. In Wirklichkeit liegt das Feld in Region A, das durch die Wirbel in der Scheibe hergestellt wird, über dem durch M erzeugten Felde, und so entsteht ein resultierendes Feld, das auf der linken Seite von Fig. 6 veranschaulicht wird. Die Verteilung dieses Feldes wird genau ausgedrückt durch

$$f_A\,(x,\,y,\,z) + f_B\,(-\,x,\,y,\,z).$$

12. Die Einfachheit dieses Resultates erstreckt sich jedoch nicht auf andere Fälle von Reflexion durch Gegenstände von weniger einfachen Formen.

Wir betrachten den Fall eines Wechselpoles, der zum Teil von einem Kupferkelch von grosser Dicke umgeben ist. Dieser Kelch wird den hinter ihm liegenden Raum vor den Einflüssen des vor ihm liegenden Poles schützen, indem er auf allen Punkten dieses Raumes die Wirkung eines reellen, heteronymen Bildes, das an dem nämlichen Punkt wie der Primärpol steht, hervorruft. Aber in dem vor ihm befindlichen Raume, zwischen dem Primärpol und der konkaven Oberfläche des Kelches, tritt eine Wirkung ein, die nicht durch einen Pol dargestellt werden kann, der auf einem einzigen Punkte liegt, welcher es auch sei. Ohne Zweifel erhält man dieselbe Wirkung, wie wenn hinter dem Spiegel homonymer Magnetismus, sozusagen ein virtuelles Bild, sich befände; dieses Bild ist aber eine Oberfläche von endlicher Ausdehnung, kein Punkt. Die Gestalt der als Spiegel dienenden Kupfermasse kann beliebig sein, man kann sie von jedem beliebigen, dahinter liegenden Punkte betrachten: Das Bild des Wechselpols ist ein Bild von wechselnder Polarität, ein reelles, heteronymes Bild, das gerade am Punkte des Primärpols steht. Dieses Bild hängt dann von der Gestalt des Spiegels nicht ab. Das andere Bild, das den davorliegenden Raum beherrscht, ist auch wechselnd, aber virtuell und homonym, liegt nach rückwärts und hat im allgemeinen eine sozusagen zerstreute, nicht in einem Punkte gesammelte Form.

13. Es finden sich viele Fälle von derartigen induktiven Wirkungen durch sich bewegende Pole. Die Verteilung der induzierten Ströme im Spiegel und die ihnen entsprechenden Lagen der elektromagnetischen Bilder sind von verschiedenen Physikern, wie Jochmann[1]), Maxwell[1]), Larmor[2]), Niven[3]), Hertz[4]) und Lord Kelvin[5]) untersucht worden.

1) Crelles Journal, 1856.

Maxwell hat die Vorstellung von einer wandernden Reihe elektromagnetischer Bilder angewandt, um die Erscheinungen der rotierenden Scheibe Aragos[6]) zu erklären.

Larmor hat gezeigt, dass eine cylindrische Scheibe von guter Leitungsfähigkeit, die sehr schnell um ihre Achse rotiert, den inneren Raum vor jeder magnetischen Wirkung, die nicht symmetrisch in Bezug auf diese Achse ist, schützt.

Lord Kelvin hat einen einfachen Apparat gebaut, um diesen Schluss zu realisieren.

14. Anwendung auf Motoren mit rotierendem Felde. Bei den Motoren mit rotierendem Felde hat man sozusagen ein künstliches System von sich im Raume drehenden magnetischen Polen, das durch Zusammenwirken von zwei oder mehr Wechselströmen erzeugt wird. Gemäss der grossartigen Entdeckung von Galileo Ferraris entsteht diese Rotation ungeachtet der Unbeweglichkeit der Eisenmasse und der magnetisierenden Kupferspiralen, die den Induktor darstellen, durch Phasendifferenzen zwischen den Strömen. Bei jedem asynchronen, vielphasigen Motor finden sich ein oder mehrere Polpaare, deren Intensität konstant gehalten werden kann. Die Pole sind nicht Punkte; ihr Magnetismus verbreitet sich über die ganze polare Oberfläche. Zwischen den Polen befindet sich der Anker, eine Eisenmasse mit ihren Umwickelungen. Werden die Primärströme in Gang gesetzt, so beginnt das Ferrarissche Feld dem Eisenkern entlang zu streichen, die Sekundärströme entstehen und der Anker gerät in Rotation.

Zweifelsohne kann man hier wie beim Transformator das System von Sekundärströmen als ein Bild des Systems von Primärströmen betrachten. Die Umwickelung des Ankers, sei dieser von geschlossener Gestalt wie ein Cylinder oder Eichhörnchenkäfig, sei er eine Wickelung von Kupferdrähten in geschlossenem Kreise, wird von Strombündeln passiert, die, was ihre Reaktionen auf das magnetische Feld anbelangt, gleichwertig mit einem Bilde der Primärströme sind. Das Bild eines Poles ist ein Pol. Das Bild eines Stromes ist ein Strom. Die rotierenden Pole erzeugen in der That, wie wir schon sahen, zwei Arten von Bildern auf den beiden Seiten aussen und innen, und diese Bilder und die Ströme, welche die Bilder der Primärströme sind, rotieren in völliger Übereinstim-

1) Proc. Roy. Soc., Febr. 1872; und Treatise on Electricity and Magnetism. Art. 668.
2) Philosophical Magazine, Jan. 1884.
3) Philosophical Transactions, 1880.
4) Inauguraldissertation (Berlin 1880).
5) Proc. Roy. Soc. XLIX, April 1891.
6) Annales de Chimie et de Physique, 1896.

mung mit den rotierenden Polen, welches auch immer die augenblickliche Rotationsgeschwindigkeit des Ankers selbst sei. Auch bei feststehendem Anker drehen sich Bilder und induzierte Stromsysteme in genauer Übereinstimmung.

15. Die interessanteste Anwendung des Prinzips der Bilder zeigt sich aber in dem Beispiel vom asynchronen einphasigen Motor. Die vollständige Theorie für diesen Apparat ist bis heute noch nicht gegeben worden. Vielleicht ist es auch noch nicht möglich, sie heute zu geben. Aber das Prinzip der Bilder kann wenigstens einen Lichtstrahl auf dieses nicht wenig komplizierte Problem werfen. Wendet man darauf die von Heyland[1]) für die Erforschung des Ganges des vielphasigen Motors angegebene graphische Konstruktion an, so wird die Erklärung der physikalischen Vorgänge im einphasigen Motor leichter werden. Es ist bekannt, dass in dem Fall eines asynchronen, zwei- oder dreiphasigen Motors — also mit rotierendem Ferrarisschen Felde — die wichtigsten Grössen im Arbeitsgang der Maschine sind: 1. Der magnetisierende Strom oder Strom mit der Belastung Null; 2. Ein Koeffizient für die Ausnutzung des magnetischen Kraftflusses.

Von diesen beiden Grössen hängt die erste von der Konstruktion der Maschine und besonders von der Grösse des Eisenkernes oder dem Raum zwischen Induktor und Anker, ferner auch von der Primärumwickelung ab. Die zweite hängt hauptsächlich von der magnetischen Streuung, d. h. von der Ausbreitung des magnetischen Feldes ab, an zweiter Stelle auch von der Grösse des Eisenkernes und der Konstruktion der Eisenteile.

Betrachten wir zuerst Induktor und Anker, als ob jeder ein hypothetisches magnetisches Feld erzeugte, das ihrem Strome proportional ist. Diese hypothetischen Felder sind schätzungsweise untereinander gleich und auch in den Phasen ungefähr eines dem andern entgegengesetzt. Von jedem dieser Kraftlinienflüsse geht ein kleiner Bruchteil verloren oder verliert sich durch Zerstreuung und passiert nie den Eisenkern. Der grössere Teil von beiden Feldern vereinigt sich zu einem resultierenden Felde von geringerer Grösse, das man den wirksamen Fluss nennen kann. Wir bezeichnen mit μ_1 das Verhältnis zwischen dem vom Primärstrom erzeugten hypothetischen Kraftfluss und seinem ausgenutzten Anteil und mit μ_2 das entsprechende Verhältnis des Sekundärstromes. Diese Koeffizienten werden immer etwas höhere Werte als die Einheit haben, z. B. 1,035 oder 1,04. Sie entsprechen bei derartigen Maschinen den Koeffizienten der magnetischen Streuung, welche Dr. Hopkinson auf die dynamoelektrischen Maschinen angewendet hat. Wir setzen also

$$U = \frac{1}{\mu_1 \mu_2 - 1},$$

um den Ausnutzungskoeffizienten der magnetischen Felder zu erhalten. Bei den heutigen Motoren ist der numerische Wert von U 10 bis 14. Je besser die Konstruktion, um so geringer werden die magnetischen Verluste und um so grösser wird der Wert sein. Die Heylandsche Konstruktion zieht zuerst eine Linie OC, welche mittelst ihrer Länge den magnetisierenden Strom darstellt, d. h. den Strom, welcher im Induktor

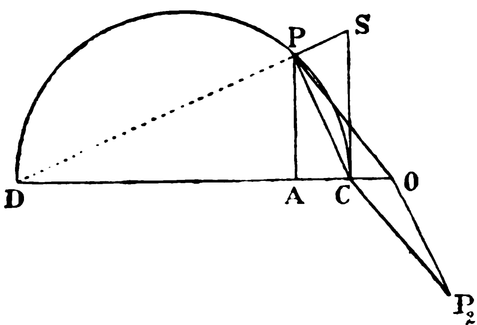


Fig. 8.

die Wickelung einer Phase passieren würde, wenn der Anker ohne irgend welche Belastung mit der Geschwindigkeit des absoluten Synchronismus rotiert. Wir verlängern nun diese Linie von Punkt C bis Punkt D derart, dass die Länge CD der Entfernung OC multipliziert mit U gleich ist. Auf der Linie DC errichten wir einen Halbkreis. Wir nehmen einen Punkt P auf diesem Halbkreis; wir verbinden diesen Punkt mit O durch die gerade Linie OP und vervollständigen das Diagramm, indem wir die Vertikalen PA und CS und die bis S verlängerte Linie DP ziehen.

Nun hat Heyland nachgewiesen, dass unter allen Betriebsbedingungen des Motors (der stets von konstanten elektromotorischen Kräften erregt wird) die Beziehungen zwischen den Hauptgrössen des Motors in richtiger Skala von den Linien dieser Figur dargestellt werden, sofern der Punkt P sich immer auf dem Halbkreis bewegt, der seine Trajektorie ist. Das Moment des bewegenden Kräftepaares wird durch die Länge von PA dargestellt; der Slip (englisch ausgedrückt), das heisst der Unterschied zwischen der Zahl der Umdrehungen des Ankers und derjenigen des rotierenden Feldes, wird proportional zu CS sein; der korrespondierende Primärstrom ist durch die Linie PO gegeben; der Sekundärstrom wird durch PG dargestellt; und der Reduktionsfaktor wird der Cosinus vom Winkel RPA sein.

1) Elektrotechnische Zeitschrift, 1894, und Electrical Engineer, 1897.

16. Um nun dieses Diagramm auf den einphasigen Motor anzuwenden, muss man sich vergegenwärtigen, dass sich ein vektoriales Stromdiagramm in ein magnetisches Diagramm verwandeln kann, indem es sich um einen rechten Winkel dreht und seine Skala verändert. Für die Bedürfnisse der Theorie ist es ferner möglich, einerseits Ferraris folgend,

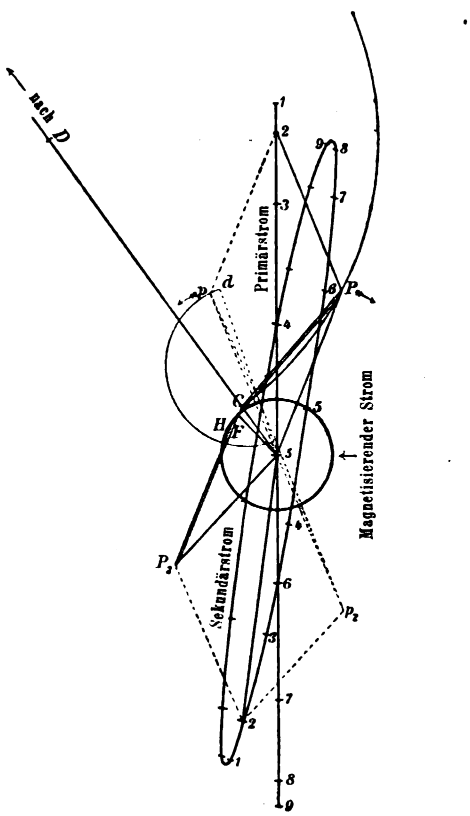


Fig. 9.

das durch den Primärstrom bestimmte magnetische Feld in zwei rotierende Komponenten aufzulösen, d. h. in zwei in entgegengesetztem Sinne drehende Felder; oder anderseits, den Strom selbst als Resultierende aus zwei rotierenden Strömen zu betrachten. Aus nachher zu erklärenden Gründen wählen wir letztere Methode. Wir erlauben uns, auf die Schlussfolgerung Ferraris etwas einzugehen, wie er sie in seinem Aufsatz über kreisende Vektoren darlegt.

17. Wir betrachten der Einfachheit halber einen zweipoligen Motor von guter Konstruktion, und setzen zuerst voraus, dass dieser mit voller Belastung kreist. Man wünscht zu erfahren, warum der Motor sich dreht, und wie die Ströme und das magnetische Feld verteilt sind. Wir nehmen an, dass die Grösse des Primärstromes, die der Konstanten der Maschine und die Grösse des Slip bekannt sind. Auf Fig. 9 beträgt die Grösse von U nahezu 12,3 und der Slip 2,5 Prozent.

Nun ist der Primärstrom ein einfacher Wechselstrom, der stets in den nämlichen Spiralen der feststehenden Umwickelung zirkuliert, so dass die Richtung der Wirkung des Wechselmagnetismus im Raume immer dieselbe bleibt. Auf Fig. 9 ist dieser Strom durch die vertikale Linie dargestellt. Erreicht der Strom seinen höchsten positiven Wert, so wird dieser durch die Länge von Punkt 5 bis Punkt 1 ausgedrückt. Während des Viertels der folgenden Periode sinkt sein Wert in regelmässiger Weise bis auf Null; die aufeinander folgenden Werte werden durch die Punkte 2, 3, 4, und 5 auf derselben Linie wieder gegeben. In der Zeit, in welcher der Strom zunimmt, bis er seinen höchsten negativen Wert erreicht, sind die aufeinander folgenden Werte durch die Punkte 6, 7, 8 und 9 gegeben. Um das Diagramm zu zeichnen, ist die vollständige Periode hier als in 16 kurze Intervalle geteilt betrachtet. Nun kann gemäss dem vorhin ausgesprochenen Prinzip dieser einfache Wechselstrom als aus zwei rotierenden Strömen von konstantem Werte angesehen werden, von denen jeder gleich der Hälfte des Maximums des Wechselstroms ist und in entgegengesetztem Sinne kreist. Die Linien 5, P und 5, p sind zwei Vektoren, deren jeder der Hälfte der vertikalen Linie 5, 7 entspricht. Der Vektor 5, P ist betrachtet als in der Richtung des Uhrzeigers (also nach rechts) drehend, wie man aus dem Pfeil sieht, und der Vektor 5, p im umgekehrten Sinne (also nach links). Sie sind im Moment 2 gezeichnet, so dass ihre Resultierende der Vektor 5,2 ist.

Jeder von diesen rotierenden Strömen wird seinen Einfluss auf den Anker ausüben, genau wie die rotierenden Ströme in einem vielphasigen Motor. Wir nehmen jetzt an, dass der Anker nach rechts kreist, mit einer Geschwindigkeit von n_2 Drehungen in der Sekunde, und dass diese Geschwindigkeit um 2,5% geringer sei als die des Vektors 5, P, dessen Geschwindigkeit n_1 beträgt. Also ist die Frequenz des kreisenden Vektors 5, p in Bezug auf den Indukt $n_1 + n_2$, oder 197,5%. Wir können also ein Diagramm, ähnlich Fig. 9, für jeden der rotierenden Vektoren zeichnen, genau als ob jeder den Drehstrom eines unabhängigen vielphasigen Motors bildete; der Slip hat in einem Fall den Wert von $n_1 - n_2$, im andern von $n_1 + n_2$. Das Diagramm, in dem der Slip 2,5% beträgt, ist dasselbe wie jener Teil von Fig. 8, dessen Punkt O mit dem Punkt 5 von Fig. 9 übereinstimmt. Die Parallelogramme C 5 und H5, deren Differenz der magnetischen Streuung zuzuschreiben ist, werden vervollständigt durch die Linie 5 P_2, die den Strom des Ankers bezeichnet.

Für einen gegebenen Motor hängt die Lage von Punkt P auf seinem Halbkreis nur von dem Slip CS von Fig. 8 ab. Wir können also die Lage von p aus dem Slip $n_1, + n_2$ finden. Es ist klar, dass wenn der Slip $n_1 + n_2$ des Ankers in Bezug auf den Vektor p_5, achtzig mal grösser ist, als der Slip $n_1 - n_2$ im Bezug auf den Vektor P_5, die Lage von Punkt p auf seinem Halbkreis sehr viel näher an Punkt D, und sehr entfernt von Punkt C sein muss. Also bestimmt durch diesen besonderen Wert des Slip die Ermittelung der Lage von Punkt p auch die wahre Form des Motordiagramms. Man muss nun noch die ganze Figur in ihre relativen Dimensionen bringen, damit die Rotationskomponente p_5 des Primärstroms durch eine Grösse dargestellt wird, die dieselbe ist wie die der anderen Komponente P 5. Dieses ist in Fig. 9 geschehen, auf welcher die Linie d_5 der Linie DO der Fig. 8 entspricht. Diese Linie ist also derart geteilt, dass der Durchmesser des punktierten Halbkreises sich zu der ganzen Linie verhält wie U zu $U + 1$. Man sieht, dass der Sekundärstrom im Indukt 5 p_2 nahezu entgegengesetzte Phasen wie Punkt 5 p zeigt, und dass der magnetisierende Strom, der die Resultierende aus diesen beiden ist, also einen sehr niedrigen Wert hat.

Setzen wir nun die Vektoren 5 P_2 und 5 p_2, für den besonderen Augenblick 2 zusammen (wie in Fig. 9), so erhalten wir die Linie 5, 2, welche einen Radiusvektor der langen Ellipse jener Figur bildet. Führt man die nämliche Konstruktion für die Momente 1, 3, 4, u. s. w aus, um Grösse und Lage der Sekundärstöme zu finden, so erhält man eine Reihe von Punkten, von denen diese Ellipse die Verbindungslinie ist. Auf Fig. 9 ist die Ellipse gezeichnet, wie sie von den Vektoren 5 P_2 und 5 p_2 in sechzehn aufeinanderfolgenden Lagen gebildet wird, wenn jeder dieser Vektoren eine Drehung in entgegengesetztem Sinne machte.

18. Man sieht also, dass die Verteilung des Sekundärstroms im Anker eines einphasigen Motors sehr verschieden ist von derjenigen im Anker eines vielphasigen Motors. In diesem verteilt sich der Sekundärstrom in zwei oder mehr als zwei Bündel, deren grösster Wert fast konstant bleibt. Diese gleichmässig rotierenden Bündel können durch rotierende Vektoren von konstanter Länge dargestellt werden. Beim einphasigen Motor verändert sich statt dessen der Radiusvektor innerhalb ziemlich weit auseinanderliegenden Grenzen, und stellt einen Strom von annähernd einfachem, wechselndem Charakter dar, zusammengesetzt mit einer sehr kleinen Rotationskomponente. Die Richtung dieses Wechselstroms ruht in Beziehung auf den Induktor, ungeachtet der Bewegung des Ankers, und fällt mit der Richtung der Wechsel des Primärstroms zusammen. Man sieht also, dass bei einphasigen, ebenso wie bei vielphasigen Motoren der Primärstrom mehr oder weniger vollkommen im Anker reflektiert wird.

Könnte man díe Reluktanz der durch den Motor gehenden magnetischen Bahn und den Widerstand der Leiter des Ankers verkleinern, so würde dadurch eine immer vollkommener werdende Reflektion erreicht werden; die Sekundär-Ellipse würde sich in der Weise verändern, dass sie immer dünner und dünner würde, bis dass schliesslich ihre Radienvektoren, welche die Sekundärströme darstellen, dieselben sind wie diejenigen, welche die Primärströme bedeuten, nur entgegengesetzten Vorzeichens. Der Umstand, dass ein bestimmtes Widerstreben (oder magnetischer Widerstand) auf dem Wege des magnetischen Gefälles vorhanden ist, verlangt einen auch bestimmten magnetisierenden Strom, um die im Induktor notwendige elektromotorische Reaktionskraft zu liefern. Diesem magnetisierenden Strome ist es hauptsächlich zuzuschreiben, dass das Bild des Primärstromes im Anker in seiner Intensität vermindert und verdreht wird. In dem rechtssinnig rotierenden Diagramm ist der magnetisierende Strom durch den Vektor 5 F dargestellt, welcher die Resultierende der Primär- und Sekundärströme 5 P und 5 P_2 ist, etwas korrigiert in Anbetracht der Wirkungen der magnetischen Streuung. Die Linie 5 F veranschaulicht auf der Skala der Felder auch die Grösse des nach rechts rotierenden Feldes, dessen Richtung im rechten Winkel zu dieser Linie steht, das heisst annähernd parallel zu Linie 5 P_2. Die Komponente des nach links rotierenden Stromes ist sehr klein, im gewählten Falle nur $^1/_{80}$ der anderen Komponente. Sie ist durch die Resultierende von 5 p und 5 p_2 dargestellt und erzeugt einen Kraftlinienfluss von sehr geringer Grösse, einen Fluss, der eben ausreicht, um den Strom 5 p_2 in den Leitern des Ankers zu erzeugen, welcher mit der grossen Geschwindigkeit von $n_1 + n_2$ rotiert. Der resultierende magnetisierende Strom ist also durch den Radiusvektor der kleinen Ellipse im Centrum von Fig. 9 bezeichnet, welcher sehr wenig von dem durch Punkt F beschriebenen Kreise abweicht.

Das resultierende Feld ist notwendigerweise nahezu ein einfaches rotierendes Feld: es ist dargestellt durch einen Radiusvektor, der eine Ellipse von geringster Exzentrizität beschreibt, deren Radiusvektor einen rechten Winkel zu der grössten Achse der Ellipse des magnetisierenden Stromes bildet.

In dieser Weise bringt der einfache Wechselstrom im Induktor zusammen mit den Strömen im rotierenden Anker ein fast einfaches rotierendes Feld hervor. Die Existenz dieses Feldes wird durch den Umstand nachgewiesen, dass,

wenn auf dem Induktor Spiralen gewickelt werden, deren Lage anders ist als die der Spiralen bei der ursprünglichen Umwickelung, in diesen Spiralen besondere elektromotorische Kräfte entstehen, welche in der Phase von der ursprünglichen elektromotorischen Kraft abweichen, dagegen ungefähr die gleichen Werte haben.

Man wird sehen, dass dieses rotierende Feld, kombiniert mit dem Strom $5\,P_2$, mit welchem es ungefähr in Phase bleibt, ein sehr grosses Drehungsmoment erzeugen wird, welches man in der gewöhnlichen Weise berechnen kann. Der Strom $5\,p_2$ reagiert auf das Feld, indem er ein Kräftepaar hervorbringt, welches die Richtung wechselt, so oft der Strom eintritt oder seine Übereinstimmung mit der Phase des Feldes aufgiebt. Die Wirkung während einer Drehung ist äusserst gering, weil dieses negative Feld sehr klein ist. Das wirkende Paar ist die Resultierende aus diesen beiden, und ist folglich pulsatorisch wie das von einer Dampfmaschine erzeugte Paar. Aber die Pulsationen sind so häufig, dass man sie in der Praxis nicht beobachten kann.

Man beachte, dass das so konstruierte Diagramm die Verteilung und die Phasen der verschiedenen Ströme und verschiedenen magnetischen Felder unter der Bedingung einer bestimmten Belastung darstellt. Wird die Belastung verändert, so verändert sich in Übereinstimmung damit der Slip, und mit diesem die Ströme im Induktor und im Anker.

19. Man kann auch folgern, dass die Energieverluste durch den Widerstand der Wickelungen des einphasigen Motors zweimal grösser sind als die eines vielphasigen Motors derselben Grösse, weil man nicht nur den Strom mit rechtsseitiger Rotation hat, welche das motorische wirksame Paar hervorbringt, sondern auch den Strom mit linksseitiger Rotation, welcher seine Umwickelung erwärmt, ohne in irgend welcher nützlichen Art zu den Kräften beizutragen, sondern überdies ein kleines entgegenwirkendes Drehungsmoment erzeugt. Der Nutzeffekt ist folglich weniger hoch, als beim mehrphasigen Motor. Ferner kommen geringe Verluste hinzu, die dem Umstand zuzuschreiben sind, dass die Verteilung des magnetischen Feldes nicht einer einfachen sinusoidalen Funktion des Umfangs folgt.

Auf zwei Dinge muss man ferner bei Anwendung der Fig. 8 und 9 auf den einphasigen Motor Rücksicht nehmen. Erstlich ist der magnetisierende Strom nicht derselbe wie in einem mehrphasigen Motor. Das totale rotierende Strombündel, das auf Fig. 9 von F_5 dargestellt wird, ist annähernd dasselbe wie das eines vielphasigen Motors, kann aber nicht als eine einfache Komponente des Primärstromes betrachtet werden. In der That ist es die Resultierende von Primär- und Sekundärströmen und ist in gewissen Momenten ausschliesslich derjenigen des Ankers zuzuschreiben. Nichtsdestoweniger muss der Magnetismus (wenn wir ihn in seinem ersten Ursprung betrachten) vom Induktor geliefert werden.

Was ist also der magnetisierende Strom im Motor?

Wenn der Magnetismus rotiert, während der Primärstrom einfach oszilliert, so beweist diese Thatsache, dass im Anker kein wirklicher magnetisierender Strom vorhanden sein kann. Wenn wir aber den Motor mit der Geschwindigkeit des absoluten Synchronismus rotieren lassen, so können wir den unter dieser Bedingung entstehenden Strom messen. Dieser Strom leistet keine andere Arbeit als die, den Magnetismus zu erregen, und man kann ihn den magnetisierenden Strom oder genauer den Lehrlaufstrom nennen.

Man kann auch zeigen, dass der Strom bei Belastung Null eines einphasigen Motors genau doppelt so gross ist, wie der magnetisierende Strom eines vielphasigen Motors von derselben Grösse, was durch die Versuche bestätigt wird, wenn man die Zahl der Leiter im Induktor der beiden Motoren in die Rechnung einführt. Ferner kann man sehen, dass, wenn der Slip steigt, der punktierte Halbkreis, auf dem der Punkt p liegt, immer grösser wird; ferner dass die Komponente des in entgegengesetztem Sinne rotierenden Stromes, statt klein oder von geringer Bedeutung zu sein, so gross wird, dass sie das Drehungsmoment des Motors bedeutend vermindert. In der That liegt der Punkt des höchsten Wertes des Kräftepaares bei grösseren Geschwindigkeiten vorher und im Moment des Ingangkommens ist das Paar vollständig gleich Null. Während das nach links rotierende Feld grösser wird, nimmt das nach rechts rotierende in der Art ab, dass die elektromotorische Kraft in den Leitern des Induktors konstant bleibt. Das nach rechts rotierende Feld gewinnt dann nur die Hälfte des Wertes, den es im vielphasigen Motor haben würde. Zu gleicher Zeit gewinnt der linke Strom den gleichen Wert.

Man kann die Heylandsche graphische Konstruktion so weit erweitern, dass sie all diese Bedingungen anzeigt.

20. Endlich sind dieselben Bedingungen auf den Phasentransformator von Ferraris und Prof. Arnó anwendbar. Diese interessante Maschine kann als Kombination zweier Maschinen behandelt werden, deren eine als ein- oder auch vielphasiger Motor, deren andere als einphasiger asynchroner Generator funktioniert, welch letzterer von ersterem seine Bewegung erhält. Man wird leicht verstehen, dass das Prinzip von den elektromagnetischen Bildern auch auf Maschinen von dieser Art anwendbar ist.

21. Zum Schluss sei es mir gestattet, meine Überzeugung über die Vorteile zum Ausdruck zu bringen, die einem Wissenszweig durch die Einführung von Ideen, die einem ganz anderen Wissenszweige angehören, zugute kommen können. Wie fruchtbar diese Kreuzung der verschiedenen Spezialgebiete ist, haben viele bemerkenswerte Beispiele in den letzten Jahren gezeigt.

Darunter befindet sich die durch ihre Eleganz hervorleuchtende Theorie über den einphasigen Motor von Prof. Galileo Ferraris, über dessen vorzeitigen Tod wir noch in Trauer sind. Der Gedanke, eine periodische lineare Bewegung (einen Wechselvektor) dadurch zu analysieren, dass man dieselbe in zwei zirkuläre Bewegungen, die untereinander gleich, aber von verschiedenem Drehsinne sind, d. h. also in zwei rotierende Vektoren zerlegt, dieser Gedanke wurde ursprünglich von Fresnel in seiner Untersuchung über physikalische Optik angewandt, um damit die Rotation der Polarisationsebene des Lichtes im Quarz zu erklären. Ferraris, dessen Meisterschaft in der Optik nicht weniger bedeutend als in der Elektrizitätslehre war, bemächtigte sich, den Eingebungen seines Genies folgend, dieses Gedankens und übertrug ihn auf das lebensvolle Gebiet der Elektrotechnik.

Seine Theorie über den einphasigen asynchronen Motor ist wirklich ein auf ein neues Gebiet übertragener Triumph der Optik. Hundert Jahre sind seit der grossen Entdeckung des unsterblichen Volta vergangen, dieses Heroen der Wissenschaft, dem wir heute hier unsere Huldigung darbringen.

In diesem ganzen Jahrhundert hat Italien, wo so viele berühmte Physiker das Licht der Welt erblickt haben, keinen erzeugt, der würdiger als Ferraris wäre, von den Elektrikern anderer Nationen geehrt zu werden. Sei mir das Vorrecht gestattet, diesen letzten Versuch, die Schlussfolgerungen der Optik für die Elektrotechnik nutzbar zu machen, als Zeichen der Hochachtung und der Verehrung an seinem Grabe niederzulegen.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

H. A. Lorentz (Leiden), Über die scheinbare Masse der Ionen.

Aus den Beobachtungen über Kathodenstrahlen hat man bekanntlich das Verhältnis $\frac{e}{m}$, das Verhältnis zwischen der Ladung eines Ions e und seiner Masse m, ableiten können. Es entsteht die Frage, was unter dieser Masse zu verstehen ist. Jedenfalls müssen wir dem Ion eine scheinbare Masse zuschreiben, da es vermöge seiner Bewegung eine gewisse Energie im Äther hervorbringt. Diese scheinbare Masse wollen wir mit m_0 bezeichnen. Es ist möglich, dass das Ion ausserdem noch eine wirkliche Masse in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes besitzt; in diesem Falle ist $m_0 < m$. Ist das nicht der Fall, so ist $m_0 = m$.

Wir haben also die Ungleichung

$$\frac{e}{m_0} > \frac{e}{m},$$

wenn eben noch eine wirkliche Masse neben der scheinbaren besteht; andernfalls ist

$$\frac{e}{m_0} = \frac{e}{m}.$$

Wir wollen also schreiben

$$\frac{e}{m} \geqq \frac{e}{m},$$

wobei $\frac{e}{m} = 10^7$ ist.

Nun ist

$$m_0 = \tfrac{8}{3}\pi R \sigma e,$$

wenn man das Ion als eine Kugel auffasst, R den Radius dieser Kugel und σ die Flächendichte der Ladung bedeutet.

Diese Formel gestattet eine interessante Folgerung über den Radius der Ionen. Setzt man nämlich für m_0 den soeben angegebenen Wert in die Ungleichung ein, so bekommt man eine Ungleichheit für den Radius. Es ist ja

$$4\pi R^2 \cdot \sigma = e,$$

also

$$m_0 = \tfrac{8}{3}\pi R \sigma e = \tfrac{8}{3}\pi R e \cdot \frac{e}{4\pi R^2} = \frac{2e^2}{3R}$$

und also

$$\frac{e}{m_0} = \frac{3R}{2e},$$

mithin

$$\frac{3R}{2e} > 10^7$$

und

$$R > 10^7 \cdot \tfrac{2}{3} e.$$

Die Grösse e ist unglücklicherweise nicht bekannt. Nimmt man die Ladung eines Ions in einem Kathodenstrahl als ebenso gross an, wie in einem elektrolytischen Wasserstoffion, und geht von der Grösse eines Wasserstoffmoleküls aus, so bekommt man für R eine Grösse der Ordnung

10^{-12} cm, also jedenfalls nicht eine beliebig kleine Grösse, sondern eine untere Grenze.

Die Frage, ob neben der scheinbaren Masse eines Ions auch noch eine wirkliche Masse desselben besteht, ist ausserordentlich wichtig; denn man berührt damit die Frage nach dem Zusammenhang der ponderablen Materie mit dem Äther und der Elektrizität. Ich bin weit entfernt, eine Entscheidung geben zu können; aber ich möchte hier doch einige Fragen anführen, deren Erledigung möglicherweise auch in jener Frage weiter führen kann.

Die erste Frage ist die, ob ein Ion in einem Magnetfelde rotiert. Eigentlich sollte man das erwarten. Denn ist ein Ion vorhanden, und es wird ein magnetisches Feld hervorgerufen, so wird, wie sich leicht aus der Entstehung von Induktionsströmen ableiten lässt, eine Rotation entstehen. Natürlich wird das ebenso der Fall sein, wenn das Ion in ein schon bestehendes magnetisches Feld hineinfliegt. Die Geschwindigkeit dieser Rotation wird von der Grösse der Masse abhängen; wenn nur scheinbare Masse vorhanden ist, und auch nur ein dieser entsprechendes Trägheitsmoment, so wird die Rotationsgeschwindigkeit einen bestimmten Wert haben. Kommt aber ein wirkliches Trägheitsmoment hinzu, so wird die Rotation langsamer werden. Leider habe ich keine Erscheinung finden können, aus der man irgend etwas über diese Rotation schliessen könnte.

Ein zweites Mittel, wodurch man die Frage nach dem Verhältnis zwischen der scheinbaren und wirklichen Masse vielleicht entscheiden könnte, ist folgendes:

Der Wert für die scheinbare Masse steht oben nur in erster Annäherung. Falls die Geschwindigkeit eine solche ist, dass sie mit der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar ist, so kommen noch weitere Glieder hinzu. Bei geradliniger Bahn des Ions kann man die Intensität des Feldes und die Grösse der Energie berechnen und daraus auf den Massenfaktor schliessen. Im allgemeinen wird die Bahn durch den Einfluss des Magnetfeldes krummlinig, z. B. kreisförmig werden; es wird dann die Berechnung des Massenfaktors komplizierter, doch lässt sie sich durchführen. Wenn man mit m_0 obigen Ausdruck bezeichnet und q für das Verhältnis der Geschwindigkeit des Ions zu der des Lichtes setzt, so ergiebt sich in zweiter Annäherung für die scheinbare Masse des Ions bei geradliniger Bewegung:

$$m_0 (1 + \tfrac{6}{5} q^2),$$

während bei kreisförmiger Bewegung das Glied mit q^2 einen anderen Koeffizienten erhält.

Diese Glieder zweiter Ordnung, könnten nun vielleicht merklich werden, denn die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen steigt bis auf ein Dritteil derjenigen des Lichtes; es wird dann also $q = \frac{1}{3}$ und $q^2 = \frac{1}{9}$. Um zur Entscheidung zu kommen, könnte man an Versuche denken, wie sie Lenard gemacht hat, um den Einfluss elektrischer Kräfte auf die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen zu untersuchen. Er hat gezeigt, dass die magnetische Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen, die ja um so kleiner ist, je grösser die Geschwindigkeit ist, sich ändert, wenn man die Strahlen den Raum zwischen zwei geladenen Kondensatorplatten in Richtung der elektrischen Kraftlinien durchlaufen lässt.

Man könnte nun die magnetische Ablenkbarkeit messen für den Fall des ungeladenen Kondensators, dann für den Fall der Ladung in der einen Richtung und dann für den in der anderen Richtung. Man würde so drei verschiedene Werte der Ablenkbarkeit bekommen, zwischen denen eine einfache Relation bestehen müsste, wenn die Glieder zweiter Ordnung vernachlässigt werden dürften. Misst man jedesmal die für eine bestimmte Ablenkung erforderliche magnetische Feldstärke, so sollten die Quadrate dieser drei Feldstärken eine arithmetische Reihe bilden. Eine Abweichung von dieser Beziehung würde zeigen, dass die Glieder mit q^2 nicht vernachlässigt werden dürfen, und dass also jedenfalls die scheinbare Masse sich bemerklich macht. Genaue Bestimmungen könnten über das Verhältnis zwischen der wirklichen und der scheinbaren Masse, resp. über die Frage, ob eine wirkliche Masse vorhanden ist, entscheiden. Es zeigt sich, dass man bei den Lenardschen Versuchen nahe daran war, über die Existenz der Glieder zweiter Ordnung entscheiden zu können.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Diskussion. (Von den Beteiligten durchgesehen.)

W. Wien. Ich habe mich in der letzten Zeit mit ähnlichen Fragen beschäftigt und möchte hervorheben, dass Lenard Kathodenstrahlen mit kleiner Geschwindigkeit beobachtet hat, die unter dem Einfluss ultravioletten Lichtes ausgelöst waren. Er hat da einen kleineren Zahlenwert für das Verhältnis von Masse zu Ladung gefunden, und zwar liegt die Verringerung in demjenigen Sinne, welchen die Theorie verlangt.

Ich habe versucht, über den Lorentzschen Standpunkt insofern noch hinauszugehen, dass ich mir die Frage vorlegte, ob man nicht überhaupt mit der scheinbaren Masse auskäme und die träge Masse weglassen und durch die elektromagnetisch definierte scheinbare Masse ersetzen könnte, um die mechanischen und elektromagnetischen Erscheinungen einheitlich darzustellen. Denn die magnetischen und mechanischen Erscheinungen sind ja bisher nur durch das Energieprinzip verbunden. Ich habe versucht, die Frage so zu stellen, ob man nicht von der Maxwellschen Theorie aus versuchen könnte,

auch die Mechanik zu umspannen. Es wäre so die Möglichkeit gegeben, die Mechanik elektromagnetisch zu begründen, nachdem Lorentz eine Auffassung des Gravitationsgesetzes entwickelt hat, nach welcher dasselbe den elektrostatischen Kräften nahe verwandt wäre. Man hätte dann die Materie anzunehmen als lediglich aus positiven und negativen sehr kleinen Ladungen zusammengesetzt, die in einem gewissen Abstande voneinander liegen. Unter dieser Voraussetzung ist die ponderable Masse nicht konstant, sondern von der Geschwindigkeit abhängig, und zwar bekommt man noch Glieder, welche von geraden Potenzen des Verhältnisses der Geschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit abhängen. Der Zahlenfaktor, mit welchem das zweite Glied multipliziert ist, hängt von der Krümmung der Bahn ab, ausserdem aber auch von der Gestalt der elektrischen Ladung. Je nachdem man die Form der elektrisierten Molekeln etwas anders wählt, kommt man zu anderen Zahlenfaktoren. Bei den gewöhnlichen irdischen Bewegungen fällt das heraus, weil die Geschwindigkeit sehr klein ist. Bei den planetarischen Bewegungen aber kann man vielleicht etwas herausbekommen; denn da kommt man zu Geschwindigkeiten, bei denen die Glieder zweiter Ordnung zu berücksichtigen sind. Bei der Annahme einer bestimmten Form der Ladung, die zu dem einfachsten elektromagnetischen Felde führt, machen sich diese Glieder in der Weise geltend, dass die Beschleunigungen zweier Körper durch die Gravitation bis auf einen um ein geringes verschiedenen Zahlenfaktor dieselben sind, als ob sich die Körper bei konstanter Masse nach dem Weberschen Gesetze anziehen. Die elektromagnetisch definierte Masse kommt so ins Spiel, als ob nicht das Newtonsche, sondern das Webersche Gesetz gilt.

Lorentz. Im wesentlichen sind wir einverstanden; nur will Wien schon jetzt weiter gehen als ich. Jedenfalls schien es mir von Interesse, dass man sich nach Mitteln umsieht, wodurch man zur Entscheidung über die angeregte Frage kommen kann. Noch eines möchte ich hinzufügen: Ich habe die Annahme gemacht, dass die Kugel, welche ein Ion bildet, starr sei. Aber man könnte vielleicht vermuten, dass bei der Bewegung die Kugel sich in ein Ellipsoid transformieren würde. Das hat einige Ähnlichkeit mit der Verschiedenheit, auf die Wien hinwies.

Voigt. Ich möchte die Frage an den Vortragenden richten, wie es sich mit der Reflektion von Kathodenstrahlen verhält; sollte da nicht ein rotierendes Ion anders reflektirt werden, wie ein nichtrotierendes?

Lorentz. Gewiss, wenn man sich die Reflektion vorstellt als vorsichgehend an einer Fläche. Aber wenn man sich die Reflektion vorstellt, wie es mir näher liegt, als veranlasst durch Kräfte, die bei einiger Entfernung des Ions von der Fläche auftreten, so wirken diese doch wohl auf den Mittelpunkt, und dann fällt der Einfluss der Rotation fort.

Warburg. Was lehrt denn die Theorie über die Geschwindigkeit der Ionen bei der Reflektion? Bleibt sie dieselbe?

Lorentz. Soviel ich weiss, ja. Ich habe nicht darüber gearbeitet.

Warburg. Merritt hat gefunden, dass die Geschwindigkeit bei der Reflektion nicht geändert wird. Aber die Experimente von Cady über die Energie der Kathodenstrahlen stehen hierzu in Widerspruch, so dass ich schon daran gedacht habe, dass die Versuche von Merritt nicht ganz richtig sein könnten, und man vielleicht doch eine Geschwindigkeitsänderung bekommen könnte. Ich wollte fragen, ob die Theorie in dieser Beziehung etwas aussagt.

Lorentz. Das kann ich im Augenblick nicht sagen.

(Eingegangen 30. September 1900.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Johannesson, P., Physikalische Mechanik. Mit 37 Figuren auf 2 lithographierten Tafeln. Berlin, Julius Springer. 1900. 58 S. Kart. M. 1.—.

Gauss, Carl Friedrich, Werke. Herausgegeben von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Achter Band. In Kommission bei B. G. Teubner in Leipzig. 1900. IV u. 458 S. Gebd. M. 24.—.

Wiechert, Emil, Grundlagen der Elektrodynamik, der Festschrift zur Feier der Enthüllung des Gauss-Weber-Denkmals in Göttingen zweiter Teil. Leipzig, B. G. Teubner. 1900. II u. 112 S. M. 3.60.

Personalien.

Professor Celoria, bisheriger Assistent der Sternwarte zu Rom, wurde als Nachfolger Schiapparellis, der am 1. November in den Ruhestand tritt, zum Direktor derselben ernannt.

Zum wissenschaftlichen Direktor des astronomischen Observatoriums in Brüssel wurde der Artillerieoffizier Lacoint, der als astronomischer Sachverständiger an der Südpolarexpedition De Gerlaches teilgenommen hatte, ernannt.

Dr. Anton Oberbeck, bisher Professor der Physik und Direktor des physikalischen Institutes der Universität Tübingen, ist in Berlin im Alter von 54 Jahren gestorben.

Berichtigungen.

Das Vorlesungsverzeichnis für Winter-Semester 1900/1901 der Technischen Hochschule zu Graz ist durch die folgenden Vorlesungen zu ergänzen: **Reinitzer**: Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, a) Chemische Fabriksindustrie der anorganischen Stoffe, 4; Chemische Technologie der organischen Stoffe, a) Chemische Fabriksindustrie der organischen Stoffe, 4; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der technisch-chemischen Mass-, Gas- und Gewichtsanalyse, 20; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der Darstellung anorganisch-chemischer Präparate, 20; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Warenkunde, chemisch-technische Rohstoffe des Pflanzen- und Tierreiches, 2. —

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 6. 10. November 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Ursache der Nordlichter.

Von Svante Arrhenius[1])

Als Newton im Jahre 1686 seine Philosophiae naturalis principia mathematica veröffentlichte, brachten ihm seine Zeitgenossen, wie später die Nachwelt, die vollste Anerkennung wegen der Genauigkeit, mit welcher sein Gravitationssystem die Bewegungen aller Himmelskörper zu beschreiben gestattete.

Die ganze materielle Welt ist nach Newton von einer ihr innewohnenden Eigenschaft durchdrungen, wonach die kleinsten Molekeln wie die grössten Himmelskörper gegeneinander getrieben werden durch eine Kraft, die der zweiten Potenz der Entfernung umgekehrt proportional ist. Diese Eigenschaft wurde und wird noch als die wesentlichste der Materie angesehen, so dass sie zur Messung der Menge von Stoff angewandt wird, indem diese Menge sich der Anziehungskraft proportional erweist.

Eine Abstossung zwischen materiellen Teilen scheint undenkbar; man kann sich ja auch unmöglicherweise einen negativen Stoff vorstellen. Später fand man in den elektrischen und magnetischen Erscheinungen viele Beispiele von Abstossungen. Diese Abstossungskräfte gehörten eigentlich nicht der Materie an; sobald die elektrischen Ladungen oder Ströme bezw. die Magnetisierung von den betreffenden Körpern entfernt wurden, verschwand auch die Abstossung. Dadurch wurde man veranlasst, sobald man Abstossungen zwischen materiellen Teilen wahrnahm, elektrische oder magnetische Eigenschaften bei denselben anzunehmen.

Durch viele Umstände werden nun die Astrophysiker zu der Annahme geführt, dass die Sonne nicht nur zufolge ihrer Masse der Sitz enormer anziehender Kräfte ist, sondern auch unter Umständen abstossend auf benachbarte Körper wirken kann. Am auffallendsten zeigt sich diese Erscheinung bei den Kometenschweifen, für welche Olbers fand, dass dieselben mit einer Kraft, die umgekehrt dem Quadrate der Entfernung von der Sonne proportional ist, von diesem Himmelskörper abgestossen werden. Zum Verständnis dieser Erscheinung nimmt man allgemein starke elektrische Ladungen der Sonne und der Kometen an. Andere Erscheinungen, bei welchen abstossende elektrische oder magnetische Kräfte der Sonne als wirksam angenommen sind, fanden sich in der Form der Sonnencorona, in dem Zodiakallicht u. s. w.

Man hat aber nicht immer diese Anschauungsweise benutzt. Die älteste Erklärung der abstossenden Kraft der Sonne, welche sich bei Bildung der Kometenschweife bemerkbar macht, rührt von Kepler her.[1]) Kepler gründete seine Ansicht auf die damals herrschende Emissionstheorie des Lichtes, wonach kleine Lichtkörperchen mit ungeheurer Geschwindigkeit aus der Sonne (und anderen Lichtquellen) hinausgeschleudert werden. Stossen nun diese Lichtkörperchen gegen leichtbewegliche Teile in der Atmosphäre eines Kometen, so geben sie ihnen einen Teil ihrer Bewegung ab, und zwar wird eine Komponente der mitgeteilten Bewegung radiell von der Sonne weg gerichtet sein. Infolgedessen sollten die Kometenschweife ihre charakteristische Richtung von der Sonne weg erhalten.

Die Stellung der vornehmsten jetzigen astronomischen Forscher zu dieser Hypothese kann

1) Aus Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar 1900, 545. Stockholm. (Mitgeteilt am 9. Mai 1900 durch R. Rubenson.)

1) Kepler: Principia mathematica I, III, Prop. 41. Citat nach De Mairan, Traité physique et historique de l'Aurore boréale, 356, 2e éd. Paris 1754.

durch folgende Worte von Newcomb gekennzeichnet werden: „Wäre das Licht ein Ausfluss stofflicher Partikelchen, wie Newton vermutete, so könnte man dieser Ansicht einige Glaubwürdigkeit nicht absprechen. Allein nach allem, was wir wissen, entsteht das Licht durch Schwingungen eines Äthermediums, und man kann sich nicht vorstellen, wie diese eine forttreibende Kraft auf die Materie ausüben sollten.“ [1]) Dass dieser letzte Ausspruch seit der Veröffentlichung der elektromagnetischen Lichttheorie von Maxwell im Jahre 1873 absolut hinfällig wurde, scheint bisher den Astronomen und Astrophysikern entgangen zu sein. [2]) Dies ist wiederum eine von den vielen ausserordentlich sonderbaren Erscheinungen, welchen man auf diesem Gebiete bei jedem Schritte begegnet.

Eine andere solche Eigentümlichkeit ist auch die Stellung Newtons zu dieser Frage.

Zur gleichen Zeit als er seine Erklärung der Schwere ausarbeitete, zog er die von früheren Zeiten übernommene Emissionstheorie zur Erklärung der Lichterscheinungen herbei. Es wäre daher wohl natürlich gewesen, dass er die Ansichten Keplers geteilt hätte. Newton aber wollte keine solche Wirkung der Lichtkörperchen einführen, sondern verwarf die von Kepler gegebene Erklärung der Form der Kometenschweife. Er nahm statt dessen an, dass dieselben sich in entgegengesetzter Richtung der Schwerewirkung von der Sonne her bewegen. Sie sollten sich so verhalten, wie die heisse Luft und der Rauch, welche aus einem Schlot hinaufsteigen, weil sie von einem dichteren Medium umgeben seien.

Eine Ansicht, welche stark an die Newtonsche erinnert, ist in jüngster Zeit von Herrn J. Rydberg ausgesprochen worden. [3]) Es möge auch hier genügen, die Ansicht der Astronomen über diesen Punkt, wie sie durch Newcomb formuliert ist, wiederzugeben. „Ein Medium oder Stoff, welcher einen solchen Prozess (wie den Auftrieb der Kometenschweife) zulässt, existiert indes im Planetenraume, soweit wir wissen, nicht, und Newtons Hypothese kann daher auch kaum mehr ernstlich in Betracht kommen.“ [4]) Kometen sind, wie diejenigen von 1843 und von 1882, so nahe der Sonnenoberfläche vorbeigegangen (in der Entfernung von etwa 0.3—0.6 Sonnenradien), dass sie inmitten der Corona einen beträchtlichen Weg durchlaufen haben. Und doch zeigten sie keine sichtbare Störung in ihrer Bahn, was sicherlich der Fall gewesen wäre, wenn eine Atmosphäre von auch nur einem Millionstel Millimeter Druck sich in dem durchlaufenen Raume befunden hätte.

Die Ansichten von Kepler und von Newton wurden im allgemeinen bald verlassen. Sehr eigentümlich erscheint es dabei, dass der einzige bedeutende Gegner der Emissionshypothese, im 18. Jahrhundert, Leonhard Euler, [1]) die Ansicht aufrecht erhielt, dass Lichtwellen, die von ihm als longitudinale Schwingungen im Lichtäther angesehen wurden, einen Druck gegen die beleuchteten Körper ausüben. Er vermochte wohl nicht diese Ansicht, welche von De Mairan [2]) scharf kritisiert wurde, in befriedigender Weise zu motivieren, und so wurde dieselbe verlassen. Dass trotzdem Euler Recht hatte, geht aus dem Umstande hervor, dass die jetzt herrschende Maxwellsche Theorie der elektromagnetischen Natur der Lichtschwingungen zu dem Schluss führt, dass die Lichtwellen einen Druck auf einen Körper ausüben, gegen den sie fallen. Und diese Folgerung wird durch die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf die Strahlungserscheinungen unterstützt. Es kann deshalb kein Zweifel obwalten, dass diese Forderung der Theorie zutrifft, obgleich sie wegen ihrer Geringfügigkeit noch nicht experimentell nachgewiesen wurde. [3]) Die Maxwellsche Theorie hat den grossen Vorzug, dass man die Grösse des fraglichen Druckes streng quantitativ berechnen kann, wenn man die Stärke der Strahlung kennt, wie dies z. B. für die Sonnenstrahlung der Fall ist.

Die genannte Theorie verlangt, dass „in einem Medium, in welchem eine (elektromagnetische oder Licht-) Welle sich fortpflanzt, in Richtung der Fortpflanzung ein Druck wirkt, der an jeder Stelle numerisch ebenso gross ist, wie die daselbst vorhandene auf die Volumeinheit bezogene, ganze Energie“. [4]) Die s. g. Sonnenkonstante d. h. die Energiemenge, welche auf ein Quadratcentimeter einer gegen die Sonnenstrahlung in der Erdentfernung von der Sonne senkrecht stehenden Oberfläche in der Minute fällt, hat

1) Newcomb, Populäre Astronomie, deutsch von Rud. Engelmann, Leipzig 445, 1881.

2) Ein Versuch von Lebedejew, die Maxwellsche Lichttheorie der Kometentheorie von Bredichin anzupassen, scheint unbeachtet geblieben zu sein. (Wied. Ann. **45**, 292, 1892.) Der Umstand, dass er die Kometenschweife (mit Bredichin) als gasförmig annimmt, hat vielleicht die Annahme seiner Ansicht verhindert, denn gasförmige Körper besitzen in sehr dünner Schicht, wie bei den Kometenschweifen, keine nennenswerte, weder reflektierende noch absorbierende Fähigkeit.

3) J. R. Rydberg, Grundzüge einer Kometentheorie. Schriften der physiogr. Ges. zu Lund 1898.

4) Newcomb, l. c., 445.

1) Euler: Mémoires de l'Académie de Berlin 1746, Vol. **2**, 121 und 135 u. ff.

2) De Mairan, l. c., 308, 341, 367 u. ff.

3) In einer Mitteilung zum Physikerkongress in Paris (August 1900) soll Herr Lebedejew die Richtigkeit dieser Forderung der Maxwellschen Theorie experimentell nachgewiesen haben. Er soll auch dabei einige Schlüsse betreffs der Natur der Kometenschweife gezogen haben, welche eine gewisse Ähnlichkeit mit den unten auseinandergesetzten darbieten.

4) Maxwell, A treatise of electricity and magnetism, Art. 792, 1873. Das Citat ist nach der deutschen Übersetzung von Weinstein, Berlin 1883.

einen Wert, der wahrscheinlich 2.5 cal beträgt. Folglich ist die Energiemenge pro sec $2.5 : 60 = 0.0417$ cal sec^{-1} $cm^{-2} = 42600 \cdot 0.0417 = 1775$ g cm sec^{-1} cm^{-2}. Da nun weiter die Sonnenstrahlung sich mit einer Geschwindigkeit von 3.10^{10} cm sec^{-1} fortpflanzt, so ist die Menge Sonnenenergie in einem Kubikcentimeter $1775 : 3 \cdot 10^{10} = 592 \cdot 10^{-10}$ g cm^{-2} „Da dieser Druck nur auf der von der Sonne beleuchteten Seite des Körpers vorhanden ist, so würde dieser scheinbar von den Sonnenstrahlen in Richtung ihrer Fortpflanzung fortgestossen werden. Konzentriertes elektrisches Licht wird wahrscheinlich einen noch stärkeren Druck ausüben, und es ist nicht unmöglich, dass die Strahlen eines solchen Lichtes, wenn sie auf ein dünnes metallisches Plättchen, das in einem Vakuum aufgehängt ist, fallen, an diesem einen beobachtbaren mechanischen Effekt hervorbringen werden".[1])

Wenn nun aber diese Abstossung durch Sonnenstrahlung in der Nähe der Erde äusserst gering ist, so ist sie in der nächsten Umgebung der Sonne sehr viel grösser, so dass sie wohl einen merklichen Effekt besitzen kann. Der Halbmesser der Erdbahn ist gleich 23440 Erdradien, oder, da der Durchmesser der Sonne denjenigen der Erde 108 mal übertrifft, gleich 215.7 Sonnenradien. Die Sonnenstrahlung an der Sonnenoberfläche fällt folglich $(215.7)^2 = 46518$ mal grösser als die oben berechnete aus, übt also einen Druck aus von $46518 \cdot 592 \cdot 10^{-10} = 2.75$ 10^{-3} g cm^{-2}.

1) **Maxwell**, l. c. Art. 793. In der That haben sich mehrere Physiker bemüht, diesen Effekt in der angegebenen Weise nachzuweisen. Der Versuch, wenn er auch qualitativ gelingt, wird aber nicht entscheidend, wenn nicht quantitative Messungen in verschiedenen Fällen die Übereinstimmung mit der Theorie erweisen. Durch die Bestrahlung wird nämlich immer die in dem „Vakuum" übriggebliebene Luft erwärmt, und dadurch entstehen Bewegungen derselben Art, wie bei dem Crookesschen Radiometer, dessen Wirkung aus der Erwärmung der Luft erklärt wird.

Sehr eigentümlich ist, dass Euler (l. c., 121) einen von Homberg ausgeführten Versuch mit einem Brennspiegel als Stütze seiner Ansicht anführt. „Nous voyons en effet que les rayons du soleil rassemblés par le miroir ardent écartent et dissipent avec une grande force les plus petits corpuscules, qui sont placés au foyer." De Mairan erklärt diese Bewegung der Staubteilchen als eine Folge der durch die Erwärmung entstehenden Luftströmungen. Um noch sicherer zu sein, wiederholte De Mairan alle die erwähnten Versuche und variierte sie in mannigfaltigster Weise (l. c., 371). Zuletzt konstruierte er zusammen mit dem berühmten Physiker Du Fay ein Instrument, welches einem Radiometer äusserst ähnlich war. Sie bestrahlten den einen Radiometerflügel mit Sonnenlicht, das durch eine Linse von 7—8 Zoll Durchmesser gesammelt war. Sie erhielten nur unsichere Bewegungen, die alle aus der Bewegung der erwärmten Luft erklärt werden konnten. Zuletzt hatte De Mairan die interessante Idee seinen Apparat unter den Rezipienten einer Luftpumpe zu stellen. Er führte aber diese Idee nicht aus, weil es ihm schwer erschien, ein genügendes Vakuum zu erhalten, und weil er meinte, in der Luft sei ein „Fluidum" enthalten, welches die Glaswände des Rezipienten zu durchdringen vermöchte. Die Deutung der zu beobachtenden Bewegung könnte ihm deshalb nie eindeutig werden.

Nun ist das Gewicht einer gegebenen Masse z. B. eines cm^3 Wassers 27.47 mal grösser an der Sonnenoberfläche als an der Erdoberfläche. Infolgedessen wiegt ein cm^3 Wasser an der Sonnenoberfläche 10^4 mal mehr als dem durch die Sonnenstrahlung ausgeübten Drucke auf eine Oberfläche von 1 cm^2 entspricht. Hätten wir demnach einen kubischen Körper von 1 cm Kante und von dem spezifischen Gewicht 1, dessen Kanten horizontal und vertikal orientiert sind, so würde er zufolge der Sonnenstrahlung auf seiner unteren Fläche ein Zehntausendstel seines Gewichtes verlieren. Vorausgesetzt wird dabei, dass der betreffende Körper die Sonnenstrahlung nicht durchlässt, sonst muss man von dem eingestrahlten Teil den durchgelassenen subtrahieren. Ein in der entgegengesetzten Richtung der Strahlungsrichtung reflektierter Strahl zählt dagegen doppelt. Da nun die meisten festen oder flüssigen Körper auch in sehr dünner Schicht beinahe undurchlässig sind und teilweise die Sonnenstrahlung reflektieren, wollen wir der Einfachheit halber und da es nur auf die Grössenordnung ankommt, immer stillschweigend annehmen, dass die Wirkung so gross ist, wie wenn die ganze Strahlung vom getroffenen Körper absorbiert werden würde.

Verfertigen wir nun einen Kubus von dem genannten Stoff, dessen Seitenlänge 10^{-4} cm lang ist und dessen Kanten wie vorhin gesagt orientiert sind, so ist sein Gewicht 10^{-12} mal, sein Auftrieb zufolge der Sonnenstrahlung 10^{-8} mal so gross wie im vorhin erwähnten Fall. Es ist folglich der Auftrieb genau so gross wie sein Gewicht, oder sein scheinbares Gewicht ist Null.

Es ist leicht, aus diesen Angaben zu berechnen, wie gross der Durchmesser eines Tröpfchens vom spezifischen Gewicht 1 sein muss, damit die Schwerkraft von seiten der Sonne genau ebenso gross sei, wie die Sonnenabstossung zufolge der Strahlung. Man findet den Wert des Durchmessers gleich 1.5 μ. Für ein Tröpfchen von anderem spezifischen Gewicht ist die nötige Grösse des Durchmessers, damit es gerade schwebend bleibt, dem spezifischen Gewichte umgekehrt proportional. So z. B. wird der betr. Durchmesser für einen Körper vom spezifischen Gewicht 5 einer Wert von 0.3 μ erhalten.

Haben die Tröpfchen eine geringere Grösse, so tritt Abstossung ein. Wenn z. B. ihr Durchmesser gerade halb so gross ist, wie der kritische Wert, so ist die abstossende Kraft doppelt so gross wie die anziehende der Schwere; es verhalten sich demnach diese Tröpfchen genau, als ob sie mit einer Kraft, die ihrer Schwere gleich käme, von der Sonne weggestossen würden. Noch grösser wird die resultierende Kraft,

wenn die Dimensionen der Tröpfchen noch weiter abnehmen.

Eigentlich gelten diese Rechnungen nur für stillstehende Körper. Es ist leicht zu ersehen, dass die Einwirkung Null wäre, wenn die kleinen Körper sich von der Sonne mit der Geschwindigkeit des Lichtes oder einer noch grösseren Geschwindigkeit entfernen würden. Wenn die Geschwindigkeit der Partikelchen einen merklichen Bruchteil der Lichtgeschwindigkeit erreichen würde, so wäre dieser Bruchteil von dem Effekt abzuziehen. Da aber dieser Bruchteil ganz verschwindend klein zu sein scheint, habe ich die diesbezügliche Korrektion als irrelevant vernachlässigt. Andere Komplikationen bei der Berechnung treten ein, wenn die Dimensionen der Tröpfchen bedeutend unter diejenigen der Wellenlängen der Strahlung sinken. Die Grössenordnung der berechneten Abstossung dürfte jedoch bei nicht allzu kleinen Tröpfchen zutreffen.

Man kann nun aus den Bewegungen der Kometenschweife, besonders aus ihrer Krümmung, die abstossende Kraft der Sonne berechnen, die nach den Rechnungen von Bredichin die Schwere um 18.5, 3.2, 2.0 oder 1.5 mal übertrifft.[1]) Es wäre dazu nötig, Tröpfchen anzunehmen, deren Durchmesser so viele mal kleiner sind als der kritische Wert, wie die angeführten von Bredichin berechneten Zahlen angeben. Nun hat man allen Anlass anzunehmen, dass ein hauptsächlicher und zwar der flüchtige Teil der Kometen aus Kohlenwasserstoffen besteht. Das spezifische Gewicht dieser Körper ist etwas geringer als dasjenige des Wassers und dürfte nicht allzu weit von der Zahl 0.8 liegen. Es würden demnach zur Bildung der beobachteten Schweife Tröpfchen von den Durchmessern von etwa 0.1, 0.59, 0.94 bezw. 1.25 μ nötig sein.

Einige Kometenschweife sind sogar der Sonne zugewendet, aus ihrer Krümmung berechnete Bredichin, dass die Abstossung nur 0.3 ihres Gewichtes beträgt; es würde demnach der Durchmesser der Tröpfchen etwa 6 μ betragen.

Es kann nun die Frage aufgeworfen werden, ob wohl so kleine feste oder flüssige Körperchen beobachtet sind. Chinesische Tusche enthält so kleine Russkörner, dass sie nicht mit Hilfe des Mikroskopes entdeckt werden können. Es giebt sogar organisierte Wesen, die sich durch ihre geringen Dimensionen der Entdeckung entzogen haben, obgleich sie ihre Anwesenheit durch andere Erscheinungen verraten. In dieser Weise verhalten sich z. B. die Bacillen der Klauenseuche bei Rindern, der Bacillus einer Tabakskrankheit u. s. w., welche Krankheiten durch ihre Wirkungen die Anwesenheit von spezifischen Mikroorganismen bekunden, die sich aber wegen ihrer Winzigkeit (unter 0.3 μ) der Beobachtung mit dem Mikroskop entzogen haben. Wenn nun komplizierte Lebewesen von dieser Grösse vorkommen, so muss man wohl die Möglichkeit von noch viel kleineren anorganischen Körpern zugeben. Man hat Flüssigkeitshäute hergestellt, die eine Dicke besassen von nur 10—20 $\mu\mu$, ja in letzter Zeit von nur 5 $\mu\mu$ (= 0.005 μ). Man kann sich leicht vorstellen, dass Tröpfchen mit eben so geringem Durchmesser vorkommen können. Derselbe ist etwa 20 mal geringer als derjenige, welcher zur Erklärung der am wenigsten gekrümmten Kometenschweife angenommen wurde.

Wenn ein Komet sich der Sonne nähert, beobachtet man auf seiner zur Sonne gewendeten Seite eine Art Ausstossen von Materie, welche an Dampfentwickelung durch Sieden erinnert. Es ist ja leicht, sich die Ursache dieser Erscheinung vorzustellen. Die aus dem Kometen hinausgestossenen Dämpfe kondensieren sich danach in der Hitze zu kleinen Tröpfchen von höher siedenden Kohlenwasserstoffen (unter Abgabe von Wasserstoff) oder geben als höchstes Kondensationsprodukt Russ ab. Wie gross diese Tröpfchen oder Partikelchen ausfallen, wird von der Konzentration des ausströmenden Gases, von der Stärke der Sonnenstrahlung und vielleicht von der Menge kosmischen Staubes, welcher Kondensationskerne abgiebt, an der Stelle der Schweifbildung abhängen. Jedenfalls fällt es nicht schwer, sich verschiedene Umstände vorzustellen, die auf die Tropfengrösse Einfluss üben können. Und diese Umstände können an verschiedenen Stellen des Dampfstrahles verschieden sein, so dass die gebildeten Tröpfchen von verschiedenen Grössen sein können. Die grössten fallen wohl auf den Kometenkern zurück, oder, wenn sie erst in grösserer Entfernung davon kondensiert wurden, bilden sie Schweife, welche der Sonne zugekehrt sind. Die kleinsten Tröpfchen geben zu den von der Sonne abgewendeten Schweifen Anlass. Wenn nun zufolge gewisser Umstände einige Tropfengrössen die gewöhnlichsten sind, so können die wohlbekannten relativ scharf begrenzten Schweife von verschiedener Krümmung entstehen. Natürlicherweise können auch mehrere Schweife, die aber im grossen und ganzen von gleicher Natur sind, dadurch entstehen, dass der Kometenkern heterogen ist, so dass vorzugsweise an bestimmten Stellen die Verdampfungen vor sich gehen. So z. B. hatte der Komet von 1744 nicht weniger als fünf Schweife.

Mit dieser Anschauungsweise stimmt auch die Thatsache überein, dass die scheinbare Abstossung eines Schweifes nicht immer umgekehrt

1) Bredichin, Revision des valeurs numériques de la force répulsive. Lpz. Voss. 1885.

proportional der Quadratwurzel aus der Entfernung von der Sonne bleibt. Denn während der Bewegung des Kometen ändern sich die physikalischen Verhältnisse (hauptsächlich die Strahlung der Sonne), woraus folgt, dass die Tröpfchengrösse sich ändern kann. Wenn diese konstant bliebe, so würden die zwei wirkenden Kräfte, die Schwere und die der Sonnenstrahlung proportionale Abstossung und folglich auch ihre Differenz genau dem Gesetz des umgekehrten Quadrates der Entfernung folgen. Ändert sich aber die Grösse der Tröpfchen, so geht diese Regelmässigkeit verloren.

Man hat früher die genannten Abstossungen aus elektrischen Kräften zwischen Sonne und Kometenschweif, die beide gleich (negativ) geladen sein sollten, abgeleitet. Dabei sollten nach Bredichin die Schweife aus Gasen bestehen und zwar Wasserstoff, Kohlenwasserstoff (Methan), Natrium und Eisen. In jüngster Zeit hat man ein noch leichteres Gas als Wasserstoff in den am wenigsten gekrümmten Schweifen angenommen und zwar Coronium, das Gas der Coronalinie. Von physikalischer und chemischer Seite sind ausserordentlich viele Willkürlichkeiten mit diesen Annahmen verknüpft. Schon die grundlegende, und an und für sich ziemlich unbedenkliche Annahme, dass die Sonne eine elektrische Ladung besitzt, scheint manchem schwer verständlich, wenn diese Ladung so riesige Abstossungen verursachen soll, wie bei den Kometenschweifen wahrgenommen sind.[1])

Als eine weitere Stütze für die Ansicht, dass die Sonnenstrahlung die Schweifbildung verursacht, kann der Umstand angesehen werden, dass nach den Untersuchungen von Berberich u. A. die Kometen ihre grösste Lichtintensität in den Jahren zeigen, in welchen die Sonne die grösste Anzahl von Flecken aufweist. Die Sonnenflecken beruhen auf Cirkulationsbewegungen auf der Sonne, so dass in Sonnenfleckenjahren die Sonne etwas mehr Wärme ausstrahlt als sonst. So fand Savélieff die Wärmestrahlung in den Jahren 1890, 1891 und 1892 (Sommer) gleich 29.8, 34,2, und 36 cal. pro Stunde und cm^2, während die Sonnenfleckenzahlen wie 7, 47 und 86 sich verhielten.[2]) Besonders dürfte bei dieser fleckenbildenden Umrührung auf der Sonne die ultraviolette Strahlung zunehmen. Ausserdem nimmt, wie unten gezeigt werden soll, die Anzahl von Eruptionen aus der Sonne und damit von aus der Sonne herausfliegendem „kosmischen Staub" zu. Diese beiden Umstände begünstigen Kondensationen, d. h. die Bildung von Schweifen (und Wolken) um den Kometenkern, wodurch der Komet eine grössere Helligkeit bekommt, wie in Jahren von relativ geringer Sonnenfleckenzahl. Dass die Bildung der Kometenschweife etwas mit der Sonnenstrahlung zu thun hat, wird auch in der bekannten Theorie von Tyndall angenommen. Die Schweife sollten nach derselben aus aktinischen Wolken bestehen, welche bei Bestrahlung von kohlenstoffhaltigen, aus den Kometen stammenden Gasen gebildet werden sollten.[1])

Natürlicherweise gilt die oben durchgeführte Betrachtungsweise nicht nur für die Kometenmaterie, sondern für allen Staub im Weltraum. Unzweifelhaft stammt der grösste Teil davon von der Sonne selbst. Bei den gewaltigen Eruptionen, welche die Protuberanzenbildung verursacht, wird ohne Zweifel eine Menge Materie mitgerissen, welche sich zu feinen Tröpfchen oder Staubteilchen in grösseren Entfernungen von der Sonne kondensiert. Diese Partikelchen werden durch die Sonnenstrahlen weiter hinausgetrieben und geben dann über den Eruptionsstellen zu den eigentümlichen faserigen Ausläufern der Corona Anlass, welche bisweilen mehrere mal die Länge des Sonnenhalbmessers übertreffen. Dementsprechend wurzeln diese Ausläufer gerade an den Punkten der Sonne, wo ihre eruptive Thätigkeit am grössten ist, d. h. im Sonnenfleckengebiet (eigentlich im Gebiet der Sonnenfackeln). Dass diese Ausströmungen so gut wie nicht gekrümmt erscheinen, ist aus dem Umstande leicht zu verstehen, dass ein Partikelchen, welches den halben kritischen Durchmesser besitzt, und welcher dem Einfluss der Sonnenstrahlung von der Sonnenoberfläche bis zu einer Entfernung gleich dem Halbmesser der Sonne ausgesetzt gewesen ist, eine Geschwindigkeit von etwa 430 km pr. Sekunde erreicht hat. In weniger als einer Stunde beschreibt solch ein Partikelchen eine Weglänge gleich dem Sonnendurchmesser. Wenn nun, wie in den Kometenschweifen, Partikelchen vorkommen, deren Durchmesser nur etwa ein Achtzehntel des kritischen Wertes erreicht, so werden dieselben eine Weglänge von der Länge des Sonnendurchmessers in weniger als vier Minuten zurücklegen. Eigentümlicherweise scheinen häufig genug die Coronastrahlen nicht radiell aus der Sonne hinauszugehen, wie z. B. auf der schönen Maunderschen Photographie der Sonnencorona von Jan. 1898. Auf diesem Bild scheinen die beiden östlichen Coronaausläufer von Punkten in der Nähe der Sonnenpole und nicht vom Sonnenzentrum auszugehen. Dies kann vielleicht teilweise als eine Wirkung der Perspektive gedeutet werden. Wenn nämlich von der Vorder- oder Hinterseite der Sonne ähnliche Coronastrahlen ausgehen, welche von der Erde in starker Verkürzung gesehen werden

1) Vgl. Newcomb, Populäre Astronomie, Leipz. **1881**, 446.
2) Savélieff, Comptes rendus **1894**, 118, 62.

1) Tyndall, Heat as a mode of motion, 4th ed.

und deshalb relativ lichtstark erscheinen, kann der totale Lichteffekt unter Umständen demjenigen eines nahezu tangential von den Sonnenpolen ausgehenden Strahles ähneln. Bei der Eruption selbst braucht auch die Kraft nicht radiell zur Sonne gerichtet zu sein, und man kann sich vorstellen, dass die stärkste nachher folgende Strahlung von der Eruptionsstelle mit ihrer höheren, dem Sonneninneren entsprechenden Hitze ausgeht, wodurch eine Abweichung der Coronastrahlen von der radialen Richtung erklärlich werden könnte. Eine nähere Entscheidung über diese Frage kann erst dann erwartet werden, wenn eine ziemlich grosse Zahl von Photographien der äusseren Corona vorliegt.

Der grösste Teil der in den Coronastrahlen befindlichen Partikelchen fällt wohl auf die Sonne zurück und beschreibt dabei teilweise stark gekrümmte Bahnen, wie bei der Sonnenfinsternis vom Jahr 1857 (Liais' Zeichnung) beobachtet wurde. Teils werden wohl in den niederen Teilen dieser Strahlen so grosse Partikelchen sich befinden, dass ihre Schwere nicht gänzlich aufgehoben ist, sondern dass dieselben nach einer Weile auf die Sonne zurückfallen. Teils aber werden einige kleinere Partikelchen, die untereinander ungleiche Geschwindigkeiten besitzen, zusammenprallen und danach aneinander haften bleiben mit dem Effekt, dass die Schwerkraft die Abstossung überwindet.

In einer gewissen Zahl von Fällen werden aber die Partikelchen ihre Bahn in den Raum hinaus fortsetzen. Natürlicherweise wird ihre Konzentration immer mehr abnehmen, je weiter sie sich von der Sonne entfernen. Wenn keine Partikelchen auf die Sonne zurückfielen, würde die Konzentration angenähert dem Quadrate der Entfernung von der Sonne umgekehrt proportional sein. Denn in einer Entfernung von der Sonne, die zehnmal den Sonnenhalbmesser überschreitet (= ein Achtel der Merkurbahn) kann die Geschwindigkeit dieser Partikelchen, wie leicht zu berechnen (innerhalb 5 Proz.), als konstant angesehen werden. Wegen des Zusammenstossens und Zurückfallens einiger Partikelchen wird aber ihre Konzentration noch etwas schneller abnehmen. Die Menge von Partikelchen in der Volumeinheit in der Entfernung r von der Sonne ist folglich dem Bruche $\frac{1}{r^{2+\alpha}}$ proportional, worin α eine (kleine) positive Grösse bedeutet.

Es bewegen sich nun diese Partikelchen nach allen Seiten von der Sonne hinaus. Wenn durch Zusammenstoss von mehreren Partikelchen grössere solche in die Sonne zurückfallen, so geschieht auch diese rückgehende Bewegung längs einem Sonnenradius. Folglich muss ein Beobachter auf der Nachtseite der Erde, wenn er überhaupt den von diesen Partikelchen herrührenden Lichtschein von reflektiertem Sonnenlicht sieht, zufolge der Perspektivwirkung das Maximum derselben in einem Punkte, der gerade der Sonne gegenüber liegt, sehen. Diese Eigenschaft besitzt der Gegenschein, den man in südlicheren Breiten deutlich beobachtet. Bekanntlich hat man auch früher diesen Schein als von Meteorschwärmen herrührend erklärt, die von der Sonne weg oder zu der Sonne hin ziehen. Es ist aber schwer, sich vorzustellen, dass die Meteorschwärme so geradlinig zum Mittelpunkt der Sonne gerichtet seien, man sollte wohl eher vermuten, dass sie sich in Bahnen bewegten, die denjenigen der Kometen ähnlich wären. Diese Bahnen sind noch in der Nähe der Erdbahn so verschieden gerichtet, dass ein so scharfer Radiationspunkt, wie derjenige vom Gegenschein, nicht entstehen könnte.

Es liegt ja nahe zu versuchen, die Eigentümlichkeiten des Zodiakallichtes in derselben Weise zu erklären. Wir kommen auf diese Frage weiter unten zurück.

Nachdem die in Betracht gezogenen Partikelchen in Bezug auf Menge pro Volumeinheit schneller abnehmen als der reziproke Wert des Quadrats der Entfernung von der Sonne, so ist es leicht einzusehen, dass ihre lichtabsorbierende Wirkung so gut wie ausschliesslich auf die nächste Umgebung der Sonne konzentriert ist. Denkt man sich nämlich ein Lichtbündel von konstantem Querschnitt 1 cm^2 von der Sonne ausgehend, so wird die davon absorbierte Menge dL, in einem Volumstück von der Länge dr und dem Querschnitt 1 in der Entfernung r von der Lichtquelle 1, der darin befindlichen Staubmenge und der Lichtmenge selbst (L) an der betreffenden Stelle proportional sein.

Nennen wir den Proportionalitätsfaktor A, so gilt folglich die Gleichung:

$$\frac{dL}{L} = \frac{A}{r^{2+\alpha}} dr,$$

wo α eine kleine positive Zahl ist. Die Lichtmenge L_1 in der Entfernung r_1 gehorcht demnach folgender Gleichung:

$$\log_{\text{nat.}} \frac{L_1}{L_0} = \int_{r_0}^{r_1} \frac{A}{r^{2+\alpha}} dr = -\left(\frac{1}{r_0^{1+\alpha}} - \frac{1}{r_1^{1+\alpha}}\right) \frac{A}{1+\alpha}$$

worin L_0 die Lichtmenge an der Sonnenoberfläche ($r = r_0$) darstellt.

Bei hohen r-Werten nimmt also die totale Lichtmenge L_1 äusserst langsam mit zunehmendem r ab und zwar asymptotisch zu einem Grenzwerte:

$$L_\infty = L_0 e^{-\varrho}, \text{ wo } \varrho = \frac{A}{(1+\alpha) r_0^{1+\alpha}}$$

Die Sonne wird infolgedessen, wenn man von ihrer allernächsten Umgebung absieht, wie eine Lichtquelle aussehen, deren Lichtmenge nicht merklich durch Staub absorbiert wird. (Fortsetzung folgt.)

Bemerkungen zu einer Arbeit von F. Kurlbaum über das Emissionsvermögen.

Von E. Villari.

Kurlbaum prüft in einer Arbeit, welche „Änderung der Emission und Absorption von Platinschwarz und Russ mit zunehmender Schichtdicke" betitelt, in den Wiedemannschen Annalen[1]) veröffentlicht und im Journal de Physique[2]) auszugsweise wieder gegeben ist, die thermische Emission einer mit Russ oder mit Platinschwarz bedeckten Oberfläche, welche auf 100° erhitzt ist, und gelangt dabei zu den folgenden Resultaten, zu welchen Crova und Compan[3]) schon früher für den Russ gekommen waren. „Das Emissionsvermögen des Russes wächst sehr schnell mit der Dicke der Schicht; es erreicht ein Maximum (etwa 33 mg Russ auf einen Quadratdezimeter), sinkt dann langsam infolge der mangelhaften thermischen Leitungsfähigkeit der Schicht, wodurch eine Temperatur-Differenz zwischen ihren einzelnen Lagen herbeigeführt wird."

Er fügt hinzu, man müsse zum Überzug für Instrumente, welche zum Messen thermischer Ausstrahlungen dienen sollen, ausreichend dicke schwarze Schichten verwenden, damit die betreffenden Instrumente den höchsten Grad von Empfindlichkeit erreichen.

Auch ich habe mich in einer langen Arbeit, welche in den Atti dell'Accademia di Bologna von 1878 veröffentlicht worden ist, unter anderm auch mit dem Einfluss beschäftigt, den die Dicke der Schichten auf das Emissionsvermögen vom Russ und vieler anderer auf 100° erhitzter Substanzen hat; von meinen Resultaten führe ich nur die folgenden an, die auf jene von Kurlbaum Bezug haben.

„Das Emissionsvermögen der Körper wächst mit der Dicke der ausstrahlenden Schicht bis zu einer gewissen Grenze und nimmt dann ab (S. 155), da die tieferen Schichten die Wärmeverluste nicht ausgleichen, welche durch die Ausstrahlung der oben liegenden herbeigeführt werden (S. 149). Für jede Substanz giebt es eine Schichtdicke, welcher das stärkste Emissionsvermögen entspricht; ich habe sie die Schicht der stärksten Emission genannt". Auf S. 155ff. fügte ich hinzu, dass die Dicke der stärksten Emission bei einer Substanz anders ist als bei einer andern; so bei gestossenem Steinsalz ungefähr 3,45 mm, bei chinesischer Tusche nur etwa 0,03 mm. Diese Dicke wechselt sogar für ein und dieselbe Substanz, je nachdem sie mehr oder weniger locker oder kompakt liegt; für das Lampenschwarz, das direkt durch eine rauchende Lampe aufgetragen wurde, fand ich die Schicht der stärksten Emission 0,2 mm dick; für das nämliche Schwarz, das aus Schwefelkohlenstoff, in dem es suspendiert war, niedergeschlagen wurde, war besagte Schicht 0,07 mm dick. Also sind die seitherigen Messungen des Emissionsvermögens verschiedener Substanzen, soweit sie nicht die Schicht der stärksten Emission berücksichtigen, gänzlich von den besonderen Umständen des Versuchs abhängig.

Die nämlichen Schlussfolgerungen betreffen das Absorptionsvermögen der Körper; die Instrumente, die zum Messen thermischer Ausstrahlungen bestimmt sind, müssen, um den höchsten Grad von Empfindlichkeit zu erreichen, mit einer Schicht von Russ von gewisser Dicke umkleidet sein; für das direkt von der rauchenden Lampe abgelagerte Schwarz muss dieselbe annähernd 0,2 mm, für den in Schwefelkohlenstoff suspendiert gewesenen Niederschlag etwas über die Hälfte davon betragen. Aus Vorstehendem geht deutlich hervor, dass sich die letzthin von Kurlbaum erlangten Resultate zusammen mit anderen bereits in meiner Arbeit vom Jahre 1878 befinden.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler).

(Eingegangen 23. October 1900.)

1) Wied. Ann. **67**, 846, 1899.
2) Journal de Physique, **8**, 1899.
3) C. R., **126**, 707, 1898.

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

J. S. Ames, Das mechanische Wärmeäquivalent.

Das Referat von J. S. Ames enthält eine kritische Zusammenstellung der seit dem Jahre 1878 durchgeführten Bestimmungen des mechanischen Wärmeäquivalents. Diese Zeitbeschränkung wird mit Recht durch den Hinweis auf die umfassende, 1870—1889 in der Proc. American

Academy erschienene Arbeit von Rowland begründet, welche die früheren Untersuchungen vollständig umfasst. In Übereinstimmung mit Warburg (nach dessen Referat über die Wärmeeinheit 1899, vergl. diese Zeitschrift I, 171) betont der Verfasser die Notwendigkeit, allen Resultaten diejenigen Temperaturen beizufügen, bei denen sie gewonnen sind. Bei einer hinreichenden Zahl von Beobachtungswerten bei verschiedenen Temperaturen bietet dann die Festsetzung einer Zahl für das Wärmeäquivalent oder, was auf dasselbe hinausläuft, der Wärmeeinheit keine Schwierigkeiten mehr. In dem vorliegenden Referate werden zunächst alle Resultate nicht auf die in der Technik gebräuchliche Arbeitseinheit, das Meterkilogramm, sondern auf das dem absoluten *C-G-S*-System zugehörige *Erg* zurückgeführt. Die einzelnen Untersuchungen, welche in drei Gruppen eingeteilt werden, besitzen nach dem Verfasser nicht den gleichen Grad von Zuverlässigkeit. Er hält die in der nachstehenden Tabelle, welche die Ergebnisse, auf 20^0 C. des Stickstoffthermometers reduziert, wiedergiebt, verzeichneten allein für solche, bei denen „a priori" kein Grund zu Irrtümern vorliegt. Von diesen sind die ersten beiden durch direkte Vernichtung mechanischer Arbeit, die letzteren drei durch Umwandlung elektrischer Energie in Wärme gewonnen.

Joule	$4{,}169 \cdot 10^7$ *Ergs*
Rowland	4,181 „
Griffiths	4,192 „
Schuster und Gannon	4,189 „
Callendar und Barnes	4,186 „

Dieselbe Zuverlässigkeit soll der im Temperaturintervall von 0 bis 100^0 C. aus Bremsversuchen ermittelte Wert von Reynolds und Moorby mit $4{,}183 \cdot 10^7$ *Ergs* besitzen, während u. a. das Ergebnis der Versuche von Dieterici (Wied. Ann. 1888 und 1889) mit dem Bunsenschen Eiskalorimeter ($4{,}225 \cdot 10^7$ *Ergs*), für weniger genau erklärt wird. Angesichts des Umstandes, dass es sich in beiden Fällen um Mittelwerte handelt, dürfte es besser sein, beide Ergebnisse beim Vergleiche wegzulassen, wie dies auch vom Verf. mit allen solchen Werten geschehen ist, denen keine genaueren Temperaturangaben zur Seite standen. Dagegen scheinen mir einige Versuche, bei denen der Verfasser erhebliche Fehlerquellen befürchtet, ohne dies immer genau zu begründen, wie z. B. bei denen von Miculescu ($4{,}186 \cdot 10^7$ *Ergs* bei $11{,}5^0$ C.) in hohem Grade beachtenswert. Jedenfalls wird der Werth des Referates von Herrn Ames durch die ungleiche Behandlung der verschiedenen Publikationen einigermassen beeinträchtigt.

H. Lorenz.

(Eingegangen 9. Oktober 1900.)

H. A. Lorentz, Über die Theorie der neuentdeckten magnetooptischen Erscheinungen.

Dieses Referat bringt dem Leser dieser Zeitschrift nicht viel Neues; denn sowohl H. A. Lorentz selbst, wie W. Voigt haben ihre Anschauungen hier kürzlich dargelegt (s. Phys. Zeitschr. I, 39 bez. I, 116, 128, 138).

Das Pariser Referat von H. A. Lorentz geht mehr auf die theoretischen, als auf die experimentellen Untersuchungen ein. Es bespricht die Bemühungen, auf Grund spezieller Vorstellungen über die Vorgänge im Molekül, welche die Lichtemission begleiten, die beobachteten Veränderungen der Spektrallinien im Magnetfelde zu erklären.

Es geht dann auf die Untersuchungen von W. Voigt ein, welche die Absorption des Lichtes im Magnetfelde betreffen. Die Gleichungen von W. Voigt werden in die Sprache der elektromagnetischen Theorie übersetzt; in dieser Deutung gestatten sie, aus den beobachteten Absorptionen Schlüsse auf die Zahl, Ladung und Masse der schwingenden Ionen zu ziehen.

M. Abraham.

(Eingegangen 24. Oktober 1900.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

A. Sommerfeld, Die Beugung der Röntgenstrahlen unter der Annahme von Ätherstössen.

Der Vortrag entsprach dem Inhalte zweier in dieser Zeitschrift erschienenen Noten (vgl. 1, 105, und 2, 55, 1900.

Diskussion. (Von den Beteiligten durchgesehen.)

W. Wien (Würzburg): Ich möchte fragen, weshalb man nicht auch mit der Kirchhoffschen Theorie diese ganze Beugungstheorie sollte behandeln können; denn die Annäherung ist doch eine um so genauere, je kleiner die Wellenlänge ist.

Sommerfeld (Aachen): Ich hoffte nicht, auf dem Kirchhoffschen Wege zu einfachen, klaren und geometrisch verständlichen Auffassungen zu kommen. Wenn wir den Impuls als Ganzes

fassen und nicht in einzelne Sinusschwingungen zerlegen, werden alle Resultate übersichtlicher, wie ich bestätigen kann. Auch hielt mich die folgende Erwägung von dem Kirchhoff'schen Wege ab: Will man einen unperiodischen Vorgang wie den Impuls in harmonische Componenten auflösen, so braucht man strenge genommen ein Fourier'sches Integral. In diesem kommen neben den Partialschwingungen von kurzer auch solche von langer (ja unendlich langer) Wellenlänge vor. Für die letzteren wird aber die gewöhnliche Beugungstheorie merklich ungenau. Dass dieser Fehler im Ganzen unwesentlich ist, bedarf jedenfalls erst des Nachweises. Ein solcher ergiebt sich in der That aus meiner Behandlung für den Fall, dass die Impulsbreite λ hinreichend klein ist. Immerhin will ich zugeben, dass die letztgenannten Bedenken, die ich als Mathematiker hatte, vielleicht müssig sind.

Reinganum (Münster): Macht der kleine Wert von λ, den man findet, nicht vielleicht Schwierigkeiten in der Theorie, indem man die Wand des Spaltes als eine von geometrischen Linien begrenzte Ebene betrachtet? Wenn man bei λ auf molekulare Grössenordnung geführt wird, muss man doch wohl auch auf Unebenheiten der Wand Rücksicht nehmen.

Sommerfeld: Sicherlich ist der Einwand an sich berechtigt; der erwähnte Umstand wird die Erscheinung trüben, also die Erkennung verschlechtern. Aber das gerade Gegenteil wird er nicht bewirken, so dass der Qualität und der Grössenordnung nach die Erscheinung wohl doch so sein wird wie die Theorie vorhersagt.

Quincke (Heidelberg): Precht in Heidelberg hat die Beugung vor zwei Jahren untersucht, indem er die Röntgenstrahlen an einer Nadel hat vorbeigehen lassen; er findet Dunkelheit in der Mitte des geometrischen Schattens, und dann Helligkeit, die Nadeldicken der dunkelen Stellen verhalten sich wie 1 : 2 : 3. Die Sache ist deshalb schwierig zu untersuchen, weil bei dem Wechsel der Röhre λ sich ändert. (Die Precht-schen Versuche werden in ihren Grundzügen kurz angegeben.) Ob das Beugungsbild hinter einer undurchsichtigen Nadel genau die komplementäre Erscheinung ist, wie diejenige der Herren Haga und Wind bei einem sich nach unten verjüngenden Spalt, vermag ich so nicht zu übersehen. Möglicherweise ist es sehr nahezu der Fall. Das würde sich decken mit der Frage, die eben diskutiert ist, indem ja die Dicke der Schatten gebenden Körper kontinuierlich bei diesen Versuchen von Null an zunimmt. Nach meiner Auffassung entsprechen diese Versuche von Precht mit der Nadel dem, was man in der Optik lamellare Beugungserscheinungen genannt hat. Ein Teil der Wellen wird an der Nadel vorbeigehen, ein Teil durch die Nadel hindurchgehen. Wenn beide sich nicht gleich schnell fortpflanzen, so wird ein Minimum der Wirkung auf der photographischen Platte zustande kommen. Vielleicht sagen Sie, die Eisennadel bricht die Wellen oder Impulse nicht. Ich muss anerkennen, dass darüber ja nur der Versuch entscheiden kann, und dass diese Versuche hier sich auch erklären können unter der Voraussetzung, dass die Nadel nicht absolut dunkel ist, sondern auch einen Bruchteil der auffallenden Impulse durchlässt. Ich möchte ferner darauf aufmerksam machen, dass die Röntgenstrahlen jedenfalls zweierlei Dinge enthalten, einmal Dinge, die man Impulse bestimmter Breite nennen kann, und zweitens Dinge, die damit zusammenhängen, dass eine solche Strahlung aus ausgeschleuderten elektrischen Teilchen besteht und etwas ganz anderes ist, als eine Wellenbewegung. Ich habe gefunden, dass, wenn ein Schirm einen Schatten der Hand gab und dann ein Buch eingeschaltet wurde zwischen Strahlenquelle und Hand, dieser Schatten undeutlich wurde und nach ein paar Sekunden wieder deutlich wurde. Später hat Precht mit anderen Schirmen dies wiederholt und mit einem Schirme von Sidotscher Blende gefunden, dass die Wirkung nach verhältnismässig grossen Zeiten wieder auftrat. Das beweist unwiderleglich, dass bei diesen Dingen noch eine ganz andere Reihe von Erscheinungen in Frage kommt, als Fortpflanzung von Impulsen in elastischen Medien.

Wind (Groningen): Die Maxima und Minima, welche Precht bei seinen Beugungungsversuchen beobachtet hat, müssen m. E. der Hauptsache nach auf eine optische Täuschung zurückzuführen sein. Es besteht ein grosser Widerspruch zwischen seinen Resultaten und den unsrigen. Er hat aus seinen Versuchen Wellenlängen berechnet, welche sogar in das Gebiet des gewöhnlichen Lichtes hineinfallen, während wir schliesslich auf etwa 10 000 Mal kleinere Werte gekommen sind und nie Beugungsbilder erhalten haben, aus denen auf erheblich grössere Werte geschlossen werden konnte. Zwar haben auch wir lange mit hellen und dunkeln Streifen zu thun gehabt, welche wir als Interferenz- oder Beugungsstreifen angesehen haben; schliesslich haben sich dieselben aber als nichts als Produkte einer optischen Täuschung herausgestellt. Diese optische Täuschung ist an sich sehr interessant, und vielleicht kann ich sie, wenn es den Herren recht ist, später demonstrieren. (Die Demonstration erfolgte am 20. September.) Bei so dicken Nadeln, wie sie Herr Precht genommen hat, kann nach unsern Versuchen noch keine erhebliche Beugung stattfinden. Wir haben einen Spalt von 14 bis 2 Mikron Breite angewendet; auch erst bei Nadeln von der entsprechenden Dicke könnte man Beugungserscheinungen erwarten.

Quincke: Ich muss bestreiten, dass eine optische Täuschung im Spiel ist. An dem Rand einer solchen Nadel muss auch ebenso Beugung eintreten, wie am Rand eines Spaltes. Die Intensität der Minima bei den Prechtschen Photographien war viel deutlicher, wie die in der Publikation der Herren Haga und Wind. Nur dann ist es möglich, die Wellenlänge zu berechnen, wenn man die Nadel als vollkommen undurchsichtig annimmt. Sonst hat man ähnlichen Effekt auch bei breiteren Nadeln. Also die optische Täuschung muss ich bestreiten. Die Bilder bei den Prechtschen Versuchen waren so deutlich, als irgend welche. Wir alle wissen übrigens nicht, wie gross die Breite der Impulse oder die Wellenlänge bei den Versuchen der Herren gewesen ist. Man kann nur sagen, je älter die Röhren sind, umso kleiner ist die Wellenlänge (nach der Haga-Windschen) oder die Breite der Impulse (nach der Sommerfeldschen Bezeichnung.)

Wind: Es handelt sich bei der Nadel nicht um reine Beugung, sondern um eine Interferenzerscheinung, gestört durch Beugung, wenn man annimmt, dass Licht durch die Nadel hindurchgegangen ist. Das ist richtig, und ich kann verweisen auf eine Behandlung eines ähnlichen Phänomens von Julius in Utrecht, bei Quarzfäden. Das ist der Fall, den Herr Precht glaubte vor sich zu haben. Ich glaube aber immer, dass hier nicht die richtige Deutung seiner Versuche vorliegt. Ich kann Sie nur dringend einladen, mir Gelegenheit zu geben, Ihnen die betreffende Täuschung vorzuführen, welche anfangs bei unsern Versuchen und unzweifelbar auch bei denen von andern Forschern, wie Fomm und Moier, im Spiel gewesen ist und welche denn auch wirklich sehr verstrickend ist.

Quincke: Fomm hat auch einen Spalt benutzt, Precht allein hat die Nadel angewendet. Die Theorie der Beugung an einem schmalen durchsichtigen Schirm haben vor 25 Jahren ich und Jochmann gegeben. Vielleicht habe ich Unrecht, aber nachgewiesen ist es nicht.

(Eingegangen 29. September 1900.)

F. Klein, Über die Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften, mit besonderer Rücksicht auf Band 4 derselben (Mechanik).

Nachdem die weit getriebene Teilung der Arbeit, der Spezialismus, in der Wissenschaft eine grosse Mission erfüllt hat, geht jetzt ein unverkennbarer Zug der Zeit dahin, wieder mehr zusammenzufassen und die allgemeinen Gesichtspunkte, welche sich als Resultat der Forschung ergeben haben, hervorzukehren. Diesem Zuge der Zeit unterliegen auch die Mathematiker. Die Mathematik entwickelt sich von Jahr zu Jahr weiter, was im grossem Publikum nicht sehr bekannt ist, und noch weniger bekannt ist die Thatsache, dass diese Entwicklung nach sehr verschiedenen Richtungen gegangen ist. Die Gefahr, dass die Fachverständigen sich untereinander völlig verlieren und voneinander isolieren, ist vielleicht bei keinem andern Wissensgebiet so gross wie bei der Mathematik. Diesem Zustande will die deutsche Mathematiker-Vereinigung entgegentreten, eben durch die Schaffung der Encyklopädie. Auch unsere Beziehungen zu den Nachbargebieten, Physik, Technik etc., leiden unter diesem Zustande, und wir wollen versuchen, darin Wandel zu schaffen. Hierüber brauche ich nun nicht bloss zu reden, sondern das Unternehmen ist bereits im Gange, und ich lege hier nicht den Prospekt eines Werkes vor, sondern eine ganze Reihe bereits erschienener Hefte desselben.

Die deutsche mathematische Vereinigung allein wäre zur Ausführung des Vorhabens zu schwach gewesen. Glücklicherweise hat sie einen kräftigen Rückhalt an anderen wissenschaftlichen Organisationen gefunden, nämlich an den Akademien der Wissenschaften. Sie haben Alle gelesen, dass sich dieselben vor kurzem zu einer internationalen Association der Akademien verbunden haben. Diese Association hat einen Vorläufer in dem sogenannten Kartell der Akademien von Leipzig, München, Wien und Göttingen, und innerhalb dieses Kartells haben die Gesellschaften von München, Wien und Göttingen das Unternehmen der mathematischen Encyklopädie zu dem ihrigen gemacht.

Die ersten drei Bände beziehen sich auf die reine Mathematik. Band I, Arithmetik und Algebra, und Band III, Geometrie, werden von Prof. Franz Meyer (Königsberg), Band II, Analysis, wird von Prof. H. Burkhardt (Zürich) redigiert. Band I und II erscheinen nebeneinander, und ich lege die bisher publizierten Hefte derselben hier vor. Es handelt sich durchweg um eine Arbeit von Fachleuten, die für Fachleute geschrieben ist. Nach Möglichkeit wird überall der historische Gesichtspunkt hervorgekehrt. Die Arbeiten tragen daher den Charakter der Gelehrsamkeit, aber doch auch den der Lesbarkeit und im übrigen den Charakter strengster Objektivität, denn die Encyklopädie soll nichts weniger als einer bestimmten mathematischen Schule dienen.

Das Unternehmen hat bislang einen un-

geahnten, von niemand vorausgesehenen Erfolg gehabt. Es ist, als ob das Bedürfnis nach einem solchen Werk latent existierte und jetzt, wo es befriedigt werden kann, zum Durchbruch kommt. Während im allgemeinen bei einem mathematischen Werke der Absatz von 300 Exemplaren schon ein Erfolg zu nennen ist, hat die Encyklopädie im ersten Anlauf über 1200 Abonnenten gefunden und der erste Druck hat sofort wiederholt werden müssen. Auch ist bereits eine französische Übersetzung in Vorbereitung und eine englische wird ebenfalls geplant. So darf man hoffen, dass ein Werk von durchaus internationaler Geltung zu stande kommt — entsprechend dem Zuge der Zeit, der die Kulturnationen auf allen Gebieten zu gemeinsamer Arbeit zusammenschliesst.

Der Inhalt der ersten drei Bände wird ja bei der heutigen Gelegenheit naturgemäss weniger interessieren; immerhin giebt ein flüchtiger Durchblick einen guten Einblick in den Charakter des ganzen Unternehmens. Auch kommen einige Artikel von Band I und II für den Naturforscher unmittelbar in Betracht; beispielsweise nenne ich aus Band I Ausgleichungsrechnung von dem Astronomen Prof. Bauschinger (Berlin), Wahrscheinlichkeitsrechnung von Prof. Czuber (Wien), numerisches Rechnen von Prof. Mehmke (Stuttgart), — dann aus Band II die von Prof. Burkhardt und Prof. Franz Meyer gemeinsam redigierte Darstellung der Potentialtheorie und einen Artikel über die partiellen Differentialgleichungen der Physik von Prof. Sommerfeld (Aachen).

Sehr viel direkter wird sich das Interesse des Naturforschers den folgenden drei Bänden zuwenden, welche die angewandte Mathematik enthalten, und zwar soll Band IV die Mechanik, Bd. V die theoretische Physik, Bd. VI die Geodäsie und die mathematischen Teile der Geophysik und Astronomie behandeln. Wir haben uns besondere Mühe gegeben, bei der Vorbereitung dieser Bände mit den eigentlichen Fachkreisen des Inlandes und Auslandes in Verbindung zu kommen, was nicht ganz einfach war, weil das Band zwischen den Vertretern der reinen Mathematik und denen der angewandten Disziplinen, welches naturgemäss bestehen sollte, vielfach zerrissen ist. Die leitende Auffassung dabei war, dass die Darstellung auch in den Bänden IV, V, VI selbstverständlich durchaus mathematisch sein muss, bez. überall die mathematischen Momente hervorheben soll, dass aber gleichzeitig die intimen Fachkenntnisse, wie sie nur der eigentliche Fachmann, der Physiker, Ingenieur, Astronom besitzt, zur vollen Geltung gebracht werden sollen. Diese Vorarbeit ist glücklich beendet, und daraufhin die Redaktion der Mechanik von mir selbst, diejenige der theoretischen Physik von Prof. Sommerfeld (Aachen), endlich Geodäsie und Geophysik von Prof. Wiechert (Göttingen) übernommen worden; wegen der Redaktion des astronomischen Teils schweben noch Unterhandlungen. Ich lege Ihnen hiermit die zur Zeit ausgearbeiteten Dispositionen der Bände IV und V vor, welche zugleich die Namen der für die einzelnen Artikel gewonnenen Mitarbeiter enthalten.[1] Diese Namen dürften sehr geeignet sein, bei jedem Kenner der in Betracht kommenden Disziplinen die Überzeugung zu festigen, dass die wissenschaftliche Behandlung dieser Bände auf derselben Höhe stehen soll, wie die der ersten drei Bände.

Als Abschluss wird ein siebenter Band geplant, der neben einer Besprechung historischer, philosophischer und didaktischer Fragen ein Generalregister bringen wird; doch ist die Inangriffnahme dieses siebenten Bandes noch in weitem Felde.

Ich möchte nun noch einige nähere Bemerkungen über die Ihnen vorliegende Disposition des von mir selbst zu redigierenden Bandes IV, dessen Gegenstand, die Mechanik, ja in alle Naturwissenschaften tief eingreift, hier anschliessen.

Unter den Mitarbeitern finden Sie Namen aus den verschiedensten Ländern; es fehlt zufälligerweise Frankreich; dass dies nicht eine prinzipielle Nichtbeteiligung Frankreichs bedeutet, werden Sie erkennen, wenn Sie Band II vergleichen, wo eine Reihe von Hauptreferaten durch französische Mitarbeiter übernommen sind.

Was zunächst die Abgrenzung von Band IV gegen den folgenden, der die mathematische Physik enthält, betrifft, so gehört nach Band V jedenfalls die Thermodynamik mit allen ihren Auszweigungen, sowie die Elektrizität und Optik. Dagegen war es von vornherein zweifelhaft, ob man die Molekularmechanik nach Band IV oder V setzen sollte. Denken Sie z. B. an die kinetische Gastheorie, die Kapillarität, die Krystallstruktur, gewisse Teile der physikalischen Chemie. Wir haben uns entschlossen, dies alles nach Band V zu verweisen, dafür aber die elementaren Teile der Mechanik in Band IV so auszugestalten, dass die Anwendungen in Physik und Technik gleich mit ihre Stelle finden. Gewisse grundlegende Fragen allgemein interessierender Art sind naturgemäss dem Band V verblieben, so namentlich die Diskussion der Frage, wie weit die Prinzipien der theoretischen Mechanik die Grundlage für die gesamten Naturwissenschaften abgeben, oder ob sich vielmehr die Mechanik selbst nur als ein Teil in die Physik einordnet. Dahin gehört u. a. die Frage nach der allgemeinen Bedeutung

1) Diese Dispositionen finden sich am Schlusse des Artikels abgedruckt.

der Energetik. Dieselbe wird im Schlussartikel von Band V ihre Stelle finden; in Band IV findet die Energetik nur im Anfang Berücksichtigung und nur so weit, als sie für das beschränkte Gebiet der reinen Mechanik zur Geltung kommt.

In einer etwas anderen Weise haben wir die Abgrenzung gegen die Astronomie gesucht. Man ist im Publikum gewöhnt, die astronomischen Vorausberechnungen als absolut genau anzusehen. Auf Jahrzehnte hinaus stimmt auch alles sehr schön, aber auf Jahrhunderte und Jahrtausende hinaus wird vieles unsicher; denn weder sind die Konstanten so genau bekannt, als hierzu erforderlich wäre, noch erfreuen sich die Methoden hierfür der genügenden Genauigkeit. Die mathematische Kritik vermisst bei den astronomischen Rechnungen eine genaue Festlegung des Grades der Approximation, und ein Mathematiker kommt leicht in Versuchung zu sagen: Alles das ist höchst zweifelhaft, mathematisch schwebt Vieles durchaus in der Luft. Dabei würden die doch auch vorhandenen strengen Arbeiten über das Dreikörper-Problem und andere idealisierte Probleme gar zu sehr in den Vordergrund gerückt werden. Deshalb haben wir diesen Teil vorweg genommen und in Band IV gebracht, wo ihn Whittaker, ein junger englischer Astronom, behandelt. Wir werden dann bei Band VI in der Lage sein, uns unmittelbarer an die von den Astronomen bei ihren Rechnungen thatsächlich gebrauchten Methoden anzuschliessen.

Ehe Sie nun die Disposition des Bandes IV näher betrachten wollen, möchte ich vorab noch betonen, dass die theoretische Mechanik gleichsam zwei Wurzeln hat, durch die sie von aussen her genährt ist: die himmlische Mechanik und die irdische Mechanik.

Die himmlische Mechanik macht historisch den Anfang. Es liegt das daran, dass wir bei der Beobachtung der himmlischen Bewegungen in eine vornehme Entfernung gerückt sind, so dass wir die Störungen der Bewegungen, welche auch da nicht fehlen, nicht so deutlich erkennen, und die Grundlage daher klarer zur Erscheinung kommt. Die Grundgesetze der himmlischen Mechanik liegen denn auch seit zwei Jahrhunderten fest, und es handelt sich seitdem nur mehr um Ausgestaltung der aus diesen Gesetzen fliessenden mathematischen Folgerungen. In dieser Beziehung mag es beiläufig interessieren, dass das Dreikörper-Problem einer neuen Entwicklung entgegengeht. Die Sache liegt da etwa so: Im 18. Jahrhundert entstanden die für lange Zeit grundlegenden mathematischen Ideen; im 19. wurde die rechnerische Durchführung gefördert, und jetzt, am Ende des 19. Jahrhunderts, kommen erfreulicherweise wieder neue Ideen.

Die himmlische Mechanik ist dem Gesagten zufolge eine wesentlich deduktive Wissenschaft. Man hat dann ihre Grundsätze auf die irdischen Verhältnisse übertragen und so dasjenige getroffen, was die Franzosen „mécanique rationelle“ nennen. Indessen besteht zwischen dem idealen Bilde dieser mécanique rationelle und unserer wirklichen Kenntnis der sich auf der Erde abspielenden Bewegungen noch eine grosse Kluft und das gerade möchte ich bei der heutigen Gelegenheit hervorheben. Es verhält sich gar nicht so, dass man die Kräfte und Bewegungserscheinungen so genau kennt, als es in den Lehrbüchern meistens dargestellt wird. Ich erwähne z. B. das Problem der Reibung, betreffs dessen man durchweg die sogenannten Coulombschen Gesetze mitgeteilt findet. Fragt man einen Techniker, ob diese Gesetze richtig sind, so wird er sicherlich antworten: Nein, sie sind falsch. Es giebt Fälle, bei denen sie nahezu passen, z. B. wenn trockene Glasstücke bei mässigen Geschwindigkeiten aufeinander reiben; aber bei Maschinen, bei denen Schmiermittel in Betracht kommen, dann bei grösseren Geschwindigkeiten, wie bei der Bewegung der Eisenbahnzüge, passen sie eben nicht mehr. Da sind wir vorläufig immer aufs neue auf das Experiment angewiesen, und die Mathematik muss sich darauf beschränken, die experimentellen Daten zu interpolieren; sie stellt das in konziser Sprache dar, was man weiss, aber sie deduziert nicht. Ein anderes Beispiel: Wenn es sich um das Fliessen von Flüssigkeiten in Röhren handelt, so findet die Bewegung der Flüssigkeit nur für kleine Geschwindigkeiten in parallelen Fäden statt, wie es die gewöhnliche Theorie voraussetzt, dann kommt eine kritische Geschwindigkeit, und jenseits derselben löst sich die Strömung in einen tumultuarischen Vorgang auf, der auch nicht annähernd eine Strömung in parallelen Fäden ist. Natürlich bleibt die Hoffnung bestehen, dass die rationelle Mechanik auch diese Erscheinungen erfassen wird, aber die Aufgabe ist bis jetzt noch nicht gelöst.

Soviel über Fälle, bei denen wir die Grundgesetze der Erscheinungen noch nicht kennen. Es giebt andere Fälle, bei denen die direkte mathematische Behandlung zu schwierig wird. Nehmen wir z. B. den Bau einer Brücke, so sind die Fragen nach ihrer Durchbiegung, ihrer Tragfähigkeit etc. Fragen der Elastizität, und man sollte meinen, dass man hierauf aus der Elastizitätstheorie deduktiv würde antworten können. Das ist aber einstweilen noch nicht der Fall. Der Ansatz, mit dem man arbeitet, wird vielmehr getragen von einer gewissermaassen instinktiven Auffassung über die Kräfte; man macht den Ansatz zunächst so, als ob keine Nieten vorhanden wären, d. h. als ob alle Träger sich um ihre Enden drehen

könnten, und dann fügt man weitere Hypothesen über die Wirkung der Nieten hinzu. Die Resultate einer solchen gemischt deduktiven und intuitiven Mechanik sollten natürlich immer durch das Experiment kontrolliert werden.

Um zusammenzufassen: die irdische Mechanik ist einerseits deduktive Wissenschaft, und das spricht den Mathematiker am meisten an, andererseits ist sie aber auf die experimentellen Daten und die Unterstützung der Physiker, Techniker etc. nach wie vor in hohem Maasse angewiesen. Hoffen wir, dass sie darum doch eine einheitliche Disziplin bleibt. In der Geometrie hat sich schon bei den alten Griechen eine Spaltung heraus gebildet. Geometrie heisst an sich Erdmessung; die Leute, welche die Erde messen, nennt man aber z. Z. Geodäten, und die „Geometer" haben durchweg mit der Erdmessung gar nichts zu thun. Wird es auch bei der Mechanik zu einer analogen Spaltung kommen? Jedenfalls möchte die Encyklopädie das ihrige thun, um eine solche Spaltung hintanzuhalten.

Hier will ich ein paar Worte einflechten über den grossen Katalog der Naturwissenschaften, der von der Royal Society geplant ist, und der, wie Sie wissen, auf internationaler Grundlage durchgeführt werden soll. Der Katalog wird alljährlich die gesamte naturwissenschaftliche Litteratur nachweisen, was namentlich von Wichtigkeit ist in Bezug auf die seltene oder schwer zugängliche Litteratur. Denken Sie insbesondere an die kräftig keimende und sprossende ausländische Litteratur. In Österreich erscheinen naturwissenschaftliche Werke in nicht weniger als sechs uns durchgängig unverständlichen Sprachen. Die Zahl der hierunter enthaltenen mathematischen Abhandlungen ist vielleicht noch nicht gross, aber in den beschreibenden Naturwissenschaften ist es schon anders; ohne Zweifel handelt es sich dabei nur um den Anfang einer Entwicklung, die in immer steigendem Maasse überall fortschreitet: in Russland, ausserhalb Europas in Australien, Japan etc. Alle diese Litteratur würde ohne den Katalog verloren sein. Doch dieses nur beiläufig (weil das Interesse der Unternehmung noch immer an manchen Stellen nicht ganz gewürdigt wird).

Da entstand nun die Frage, wie diese ganze Litteratur geordnet werden solle, und einen wesentlichen Punkt des Streites bildete eben die Mechanik. In England und Holland wird sie kurzweg als ein Teil der Physik angesehen, und daher wurde sie bei den ursprünglichen Entwürfen der Royal Society unter Physik rubriziert, wobei die vielen rein mathematischen Abhandlungen zur Mechanik naturgemäss zurücktreten mussten, indem sie in die Unterabteilungen geschoben wurden. Auf dem Kontinent (mit Ausnahme Hollands) ist dagegen viel eher die Ansicht herrschend, dass die Mechanik als mécanique rationelle ein Teil der Mathematik ist; denken Sie etwa an die grossen Meister Laplace und Lagrange! Auch haben niemals die Versuche gefehlt, die Grundsätze der Mechanik nach dem Muster der geometrischen Axiome als a priori gegeben festzustellen. Um dieser Auffassung Gewicht zu geben, haben wir bei den Gegenentwürfen versucht, die Mechanik in die Mathematik zu schieben. Wir haben auf diese Weise einen Kompromiss erzielt, bei welchem der Mechanik ein besonderer Band gewidmet ist, und das gerade wollten wir erreichen. Auch bei der mathematischen Physik sind wir zu einer Einigung gekommen, welche Mathematiker und Physiker befriedigen dürfte.

Wenn ich nun noch einige wenige Worte über die spezielle Einteilung der Mechanik in Band IV der Encyklopädie sagen darf, so finden Sie in der Disposition (die Sie nunmehr vergleichen wollen) vier Hauptabteilungen unterschieden, die mit den grossen lateinischen Buchstaben A, B, C, D bezeichnet sind. Und zwar bezieht sich A, wie billig, auf die Prinzipien der Mechanik, B auf die Mechanik der Punkte und der starren Systeme, C auf die Mechanik der Continua. Die Abteilung D (die übrigens als ein Anhang gedacht ist), hat einen Charakter für sich; ich komme sogleich noch darauf zurück.

Nehmen Sie nun gleich die weitere Einteilung von B und C. Wir haben bei B zunächst einen mehr geometrischen Teil (I), bei dem es sich darum handelt, die Massenverteilung der Körper, die Kinematik, die Zusammensetzung und Wirkung der Kräfte mit den Mitteln der geometrischen Anschauung (sowie gelegentlich auch mit direkter graphischer Konstruktion) zu erfassen. Daran schliesst sich in II die eigentliche analytische Mechanik im Sinne von Lagrange, eine Disziplin, deren ausserordentliche Allgemeinheit und Tragweite nur derjenige recht würdigt, der sich vorab in die Einzelheiten von I vertieft hat. Endlich kommen in III die bereits genannten Anwendungen, bei denen als neues Moment hinzutritt, dass man die Wirklichkeit immer nur approximieren kann, dass die Berücksichtigung der Störungen und Fehler zur Hauptsache wird. So wird beispielsweise Nr. 10 die Theorie des Pendels enthalten, wobei u. a. die Frage auftritt (um nur diesen einen Punkt besonders zu nennen), mit welcher Zuverlässigkeit man aus den Versuchen mit dem Foucaultschen Pendel auf die Art und Grösse der Erdrotation schliessen kann. Wenn man nämlich geschickt operiert, so kann man in einer grossen Versammlung mit Hilfe des Pendels sehr leicht

zeigen, dass die Erde sich von Osten nach Westen dreht, also umgekehrt, wie es der Fall ist. Kamerlingh-Onnes hat zuerst untersucht, ob die Versuche unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen ein so zweifelloses Resultat geben, dass eine Entscheidung möglich ist; er hat diese Frage bejaht. — Das grosse Gebiet Nr. 11 hat eben jetzt ein besonderes aktuelles Interesse; ich darf hier auf die interessante Vorarbeit verweisen, welche der Referent, Herr Heun, hierüber eben nun in den Berichten der deutschen mathematischen Vereinigung publiziert hat.[1]) Nr. 12 enthält die Ballistik, wo die Sache ähnlich liegt wie beim Pendel; die theoretische Parabel ist zwanzigmal weiter ausgedehnt, als die wirklich von einem Geschoss beschriebene Kurve. Dann haben wir in Nr. 13 ein Kapitel für Spiel und Sport, das die Interessen sehr ausgedehnter Teile des Publikums berühren dürfte. Die Frage z. B., wie ein Billardball sich bewegt, ist mathematisch gut durchgearbeitet, beim Velociped steht die Sache etwas weniger günstig. Endlich reichen wir mit der physiologischen Mechanik (Nr. 13'), d. h. der Lehre von der Bewegung der Organismen, insbesondere des Menschen, der medizinischen Gruppe der gegenwärtigen Versammlung die Hand. Dieselbe wird von Prof. Otto Fischer (Leipzig) behandelt werden. Das System von Muskeln, Gelenken und Knochen ist ein System mit einer endlichen Anzahl von Freiheiten. Auf dieses werden die Grundsätze der Mechanik angewendet, und zwar zunächst zur Erledigung der einfachsten Fragen, wie der Mensch geht, in welcher Weise der Schwerpunkt dabei verlegt wird, etc. (Was sich auf die osmotischen Vorgänge in den Geweben des menschlichen Organismus bezieht, wird nach Band V kommen.)

Über C könnte ich in demselben Sinne referieren; aber ich darf Ihre Aufmerksamkeit nicht ermüden und bemerke also nur, dass die oberste Einteilung hier eine mehr sachliche (weniger methodische) ist, indem als Hauptgebiete Hydrodynamik und Elastizitätstheorie einander gegenüber gestellt werden. —

Über D gestatten Sie mir noch einige wenige Worte, und zwar deshalb, weil die hierher gehörigen Fragen in den Lehrbüchern der Mechanik gewöhnlich gar nicht berührt werden. Das Heranziehen des Wahrscheinlichkeitsbegriffes (oder das Operieren mit Mittelwerten) ist kein willkürlicher Ansatz der Theoretiker, sondern wird von jedermann bei der Beurteilung praktischer Verhältnisse unbewusst geübt. Wenn man ein System hat, das aus einer Anzahl diskreter Teile besteht, so kommt man von selbst zum Rechnen mit Durchschnittswerten. So ist es z. B. in der kinetischen Gastheorie geschehen. Sie steht keineswegs allein; es giebt vielmehr eine grosse Menge von Prozessen, die man täglich bei der Produktion anwendet, bei denen man von Wahrscheinlichkeitsüberlegungen Gebrauch macht. In einer Nadelfabrik z. B. sollen die Nadeln, welche kraus durcheinander liegen, parallel geschichtet werden. Man rüttelt zu diesem Zwecke eine Zeitlang den Kasten hin und her und findet, dass schliesslich alle Nadeln parallel liegen bis auf einige wenige Individuen, die der Arbeiter dann heraus nimmt. Die Anwendung der Wahrscheinlichkeitssätze ist hier also konklusiv für die Mehrzahl der Fälle, und einige Ausnahmen müssen dann künstlich entfernt werden. Nun nehmen Sie aber die theoretische Behandlung solcher mechanischer Probleme! Man beginnt mit den Differentialgleichungen der Mechanik, die doch für sich allein den Gesamtverlauf der Erscheinungen bestimmen müssen, und arbeitet dann plötzlich mit Durchschnittswerten. Man geht eine Zeitlang deduktiv vor, und dann kommt ein neuer Grundsatz von aussen herein; das ist für einen Mathematiker etwas sehr Widerhaariges. Das Resultat ist ja befriedigend, weil es mit der Wirklichkeit leidlich stimmt; ob das Verfahren aber mathematisch befriedigt, ist eine andere Frage. Zum Glück liegt das Referat in den Händen des bewährtesten Forschers auf diesem Gebiet, des Prof. Boltzmann. Seine Auffassung ist, soweit ich ihn verstehe, eine etwas andere. Ihm erscheint der Wahrscheinlichkeitsansatz als das Primäre; die Naturgesetze sind für ihn nur Durchschnittsregeln, die sich von dort aus ergeben; die Differentialgleichungen der Mechanik sind ihm also selbst nur Formulirungen von Ereignissen, die mit überwiegender Wahrscheinlichkeit eintreten. Die Anwendung anderer Durchschnittswerte bringt also weiter nichts Fremdartiges mit sich. Hiermit ist für die Fragestellungen, die unter D fallen, und deren Einzelheiten übrigens nach Bd. V (Physik) und VI (Astronomie) gewiesen sind, die Einheit der philosophischen Grundauffassung gerettet; die logischstrenge Durchführung bleibt aber vorläufig noch ein Desideratum. —

Ich schliesse hiermit meinen Bericht, der sich entsprechend den gegebenen äusseren Bedingungen im engsten Rahmen bewegen musste. Handelt es sich bei der Encyklopädie um ein ausschliesslich mathematisches Unternehmen, so soll dabei, wie ich zu zeigen suchte, die mathematische Wissenschaft im weitesten Sinne

1) Band IX, 2 der genannten Berichte, Leipzig, 1900: „die kinetischen Probleme der wissenschaftlichen Technik." — Ich selbst habe mich über die selbständige Bedeutung der technischen Mechanik neuerdings in einem der Vorträge über angewandte Mathematik und Physik verbreitet, welche Riecke und ich im Anschluss an den letzten Göttinger Ferienkurs für Oberlehrer gesammelt publiziert haben (Leipzig 1900). Vgl. diese Zeitschrift **2**, 13, 1900.

verstanden sein, der die Beziehungen zu den Nachbargebieten einschliesst. Und hieraus wage ich zu hoffen, dass auch die allgemeinen naturforschenden Kreise der Encyklopädie Interesse entgegenbringen und ihr, wo es nötig ist, Unterstützung zukommen lassen werden.

[Im Anschluss an den vorstehend in seinen Grundgedanken wiedergegebenen Vortrag fand am folgenden Tage (20. Septr.) in der mathematischen Sektion der Naturforscher-Versammlung eine eingehende Debatte über die Disposition der Bände IV und V der Encyklopädie statt, die nach vielen Seiten anregend verlief und jedenfalls die Herausgeber der genannten Bände, Prof. Sommerfeld und mich, zu besonderem Danke verpflichtete.]

Disposition der Bände IV und V.

Band IV: Mechanik.

A. Einleitung.

1. Die Prinzipien der rationellen Mechanik. A. Vofs in Würzburg.

B. Mechanik der Punkte und starren Systeme.

I. Geometrische Grundlegung und Entwicklung konkreter Vorstellungsweisen.

2. Theorie der Streckensysteme und Schrauben. E. Timerding in Strassburg i. E.
3. Geometrie der Massen. G. Jung in Mailand.
4. Kinematik. A. Schönflies in Königsberg.
5. Die elementare Statik, insbesondere graphische Statik. L. Henneberg in Darmstadt.
6. Die elementare Kinetik. J. Petersen in Kopenhagen.

II. Behandlung beliebiger Systeme von endlichem Freiheitsgrad in analytischer Allgemeinheit.

7. Allgemeine Entwicklungen. P. Stäckel in Kiel.
8. Rotationsprobleme. P. Stäckel in Kiel.
9. Die mathematische Behandlung des n-Körper-Problems. E. T. Whittaker in Cambridge.

III. Anwendungen, mit Berücksichtigung der störenden Einflüsse.

10. Die Mechanik der einfachsten physikalischen Apparate und Versuchsanordnungen. Ph. Furtwängler in Potsdam.
11. Dynamische Probleme der Maschinentechnik. K. Heun in Berlin.
12. Ballistik. C. Cranz in Stuttgart.
13. Spiel und Sport. G. T. Walker in Cambridge.

13'. Physiologische Mechanik. O. Fischer in Leipzig.

C. Mechanik der deformierbaren Körper.

I. Analytisch-geometrische Hilfsmittel.

14. Vektoranalysis und Verwandtes. M. Abraham in Göttingen.

II. Hydrodynamik.

15. Physikalische Grundlegung. A. E. H. Love in Oxford.
16. Theoretische Ausführungen. A. E. H. Love in Oxford.
17. Hydraulik, erster Teil: Das Strömen von Wasser in Röhren und Kanälen etc. E. Paladini in Mailand.
18. Hydraulik, zweiter Teil: Motoren und Pumpen. M. Grübler in Dresden.
19. Schiffsbewegung. A. Kriloff in Petersburg.
20. Aërodynamik. S. Finsterwalder in München.

III. Elastizitätslehre.

21. Physikalische Grundlegung. A. Sommerfeld in Aachen.
22. Theoretische Behandlung der statischen Probleme. O. Tedone in Genua.
23. Die Statik der Baukonstruktionen. E. Ovazza in Palermo.
24. Schwingungen, insbesondere Akustik. H. Lamb in Manchester.
25. Theorie der auf elastischer Wirkung beruhenden Messapparate. Ph. Furtwängler in Potsdam.

D. Mechanik der aus sehr zahlreichen diskreten Teilen bestehenden Systeme.

26. Das Eingreifen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. L. Boltzmann in Leipzig.

Band V: Physik.

A. Einleitung.

1. Maass und Messen. C. Runge in Hannover.
2. Allgemeine Eigenschaften der Körper, insbesondere die Schwere. J. Zenneck in Strassburg i. E.

B. Thermodynamik.

3. Allgemeine Grundlegung der Thermodynamik. G. H. Bryan in Upper-Bangor, Wales.
4. Spezielle Stoffe und Zustände. H. Kamerlingh-Onnes in Leiden und J. Korteweg in Amsterdam.
5. Dissipation der Energie, insbesondere Wärmeleitung. E. W. Hobson in Cambridge.
6. Technische Wärmetheorie. H. Lorenz und E. Riecke in Göttingen.

C. Molekularphysik.

7. Grundvorstellungen über Atom und Molekül.

a. Einleitende Bemerkungen zur Atomistik. L. Boltzmann in Leipzig.
b. Die mathematischen Grundlagen der Chemie. W. Meyerhoffer in Berlin.

8. Krystallographie.
a. Symmetrie- und Struktur-Theorien. A. Schönflies und O. Mügge in Königsberg i. Pr.
b. Krystall-Berechnung und -Zeichnung. Th. Liebisch in Göttingen.

9. Kinetische Gastheorie. L. Boltzmann in Leipzig.
10. Kapillarität und Kohäsion. H. Minkowski in Zürich.
11. Physikalische und Elektrochemie. J. H. Van't Hoff in Berlin.

D. Elektrizität und Optik.

Physikalische Grundlegung der Elektrizitätslehre.

12. Standpunkt der Fernwirkung, die Elementargesetze. R. Reiff in Stuttgart.
13. Standpunkt der Feldwirkung, Maxwells Theorie und Verwandtes. H. A. Lorentz in Leiden.
14. Weiterbildung der Maxwellschen Theorie. Elektronentheorie. H. A. Lorentz in Leiden.

Mathematisehe Spezialausführungen zur Elektrizitätslehre.

15. Elektrostatik und Magnetostatik. H. M. Macdonald in Cambridge.
16. Beziehungen zwischen Elektrizität und elastischer Deformation. F. Pockels in Heidelberg.
17. Stationäre und langsam veränderliche Felder (elektrische Ströme, Induktion und Elektrodynamik im engeren Sinne). A. Tauber in Wien.
18. Beziehungen der elektrischen Strömung zu Wärme und Magnetismus. H. Diesselhorst in Berlin.
19. Rasch veränderliche Felder. M. Abraham in Göttingen.
20. Elektrotechnik. Th. Descoudres in Göttingen.

Physikalische Grundlegung der Optik.

21. Ältere Theorie. A. Wangerin in Halle a. S.
22. Elektromagnetische Lichttheorie. W. Wien in Würzburg.
23. Hineinspielen der Molekularphysik und der Elektronentheorie in die Optik. W. Wien in Würzburg.

Mathematische Spezialausführungen zur Optik.

24. Strahlenoptik und optische Instrumente. S. Finsterwalder in München.
25. Wellenoptik (Interferenz und Beugung). K. Strehl in Erlangen.
26. Krystalloptik. F. Pockels in Heidelberg.

E. Schlusswort.

27. Allgemeine physikalische Anschauungen und Methoden. A. Sommerfeld in Aachen und J. Larmor in Cambridge.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 16. Oktober 1900.)

BESPRECHUNGEN.

J. J. van Laar, J. D. van der Waals. Ein Lebensabriss. Leipzig, J. A. Barth. 1900. Preis Mk. 1.60.

Die Gelegenheit, sich von dem Leben des grossen holländischen Physikers ein Bild zu verschaffen, wird jeder freudig begrüssen, und so bedarf das Büchlein keiner Empfehlung. Es ist allerdings eine eigenartige Biographie: wenn man in ihr etwas über das Privatleben des Biographierten erwartet, so wird man sich ziemlich enttäuscht finden; aber man darf auch den Standpunkt des Verf. nicht verwerfen, den Meister in seinen Werken zu schildern. Für den Physiker bringt diese Schilderung naturgemäss nichts Neues; ob sie dem physikalischen Laien, der als Leser gedacht wird, einen Begriff zu geben vermag, was van der Waals geleistet, das mag unerörtert bleiben. Jedenfalls spricht aus der Darstellung ein begeisterter Schüler van der Waals und ein gründlicher Kenner seiner Arbeiten. Die höchst originelle Darstellungsweise und die Wertschätzung der hervorragenden Geister, mit denen van der Waals verglichen wird, ist äusserst amüsant zu lesen; leider wird der Text durch vielerlei kleine Sprach- und Druckfehler, manchmal sogar bis ins Komische, entstellt, was sich wohl leicht zum Vorteil des Buches hätte vermeiden lassen.

R. A.

Personalien.

Dr. Joseph Tuma, Dozent der Physik an der Universität und Technischen Hochschule in Wien, ist zum Adjunkten an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn ernannt worden.

In der philosophischen Fakultät der Universität Bonn hat sich Dr. Rülf mit einer Antrittsvorlesung über das Verhältnis der Philosophie zu den exakten Wissenschaften habilitiert.

Dr. Reitter (Heidelberg) hat einen Ruf für technische Chemie an die neubegründete Handelsakademie zu Köln erhalten.

Herr Abegg ersucht uns, in Berichtigung der S. 48 gebrachten Mitteilung, zu veröffentlichen, dass er nicht an die Universität Christiania „berufen" wurde, sondern von der dortigen Fakultät „gewählt wurde, um der norwegischen Regierung zur Ernennung vorgeschlagen zu werden."

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 7. 17. November 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Ursache der Nordlichter.

Von Svante Arrhenius.

(Schluss.)

Bisher haben wir nur diejenigen Eigenschaften der von der Sonne stammenden Partikelchen ins Auge gefasst, bei welchen keine elektrischen Kräfte mitspielen. Dass solche Kräfte mit ins Spiel kommen, kann man aus den Beobachtungen von Hrn. Wilson[1]) schliessen. Derselbe hat nämlich gezeigt, dass in ionisierten Gasen vorzugsweise die negativen Ionen als Kondensationskerne dienen. Dass bei den ausserordentlich heftigen Bewegungen auf der Sonne auch Trennungen von positiver und negativer Elektrizität vorkommen, hat man schon längst angenommen. Es ist nicht wohl denkbar, dass dies nicht zuträfe. Danach müssen Entladungen zustande kommen, in Vergleich mit welchen die elektrischen Entladungen bei vulkanischen Ausbrüchen auf der Erde ohne Zweifel ganz unscheinbar sind. Bei diesen Entladungen, welche sich wohl ebenso hoch in die Sonnenatmosphäre erstrecken, wie die ausgeschleuderten Massen, entwickeln sich Kathodenstrahlen in der dünnen oberen Sonnenatmosphäre, welche wiederum Röntgenstrahlen hervorrufen. Vielleicht werden sogar Röntgenstrahlen direkt (d. h. ohne Kathodenstrahlen als Erreger) von der Sonne ausgestrahlt, obgleich wir nichts davon kennen. Jedenfalls sind die Umstände auf der Sonne solche, dass man allen Anlass hat, nach irdischen Analogien, das häufige Vorkommen von Kathoden- oder Röntgenstrahlen in den dünneren Schichten der Sonnenatmosphäre zu erwarten. Diese Strahlengattungen besitzen die Fähigkeit, die durchstrahlten Gase zu ionisieren, wonach die Ionen, vorzugsweise die negativen, als Kondensationskeime Dienst thun.

1) C. T. R. Wilson, Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., Ser. A. Vol. 193, 289—308, 1899. Vgl. J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) 46, 533 (1898).

Bei der Kondensation der aus der Sonne herausgeschleuderten Gase werden infolgedessen die ausfallenden Partikelchen sich vorzugsweise negativ laden und die negative Elektrizität auf ihrer Wanderung durch den Raum mitschleppen. Infolgedessen werden die Umgebungen der Sonne und anderer stark strahlenden Himmelskörper mit einer Atmosphäre (Corona), die positiv geladen ist, umgeben sein, während die negativ geladenen Körper in den Weltraum hinausfliegen. Ebenso werden diese negativen Partikelchen bei ihrer Wanderung durch den Weltraum anderen Himmelskörpern begegnen, wie Planeten, Monden u. s. w., und zum Teil darauf hinunterfallen, wodurch dieselben negativ geladen werden. Danach werden die negativen Partikelchen von diesen gleichnamig geladenen Himmelskörpern abgestossen, so dass sie in ihren Bahnen abgelenkt werden und längs hyperbolischen Linien sich bewegen. Diejenigen, welche die grösste Geschwindigkeit besitzen, werden jedoch teilweise die geladenen Himmelskörper erreichen.

Ihrerseits werden diese Himmelskörper ihre negative Ladung nicht ins Unbegrenzte erhöhen. Wenn nämlich das negative Potential eine gewisse Grenze übersteigt, tritt Entladung ein, welche durch die ultraviolette Strahlung der Sonne begünstigt wird. Es findet dann also ein „bewegliches Gleichgewicht" statt, indem in einer genügend langen Zeit ebenso viel negative Ladung mit Partikelchen zum betr. Himmelskörper transportiert wird, wie dieser in derselben Zeit durch Entladung unter Einwirkung der ultravioletten Sonnenstrahlung verliert. Vermutlich geht der Verlust so vor sich, dass kleine geladene Partikelchen hinausgestossen werden, so dass man gewissermaassen sagen kann, dass der ganze Effekt der im Wege

der Sonnenpartikelchen stehenden Himmelskörper sich darauf beschränkt, dass sie eine Art Schatten hinter sich werfen, welcher zufolge der Ablenkung der Partikelchen breiter als der optische Schatten ist, und weiter, dass sie eine Zeit die negativen Partikelchen beherbergen und dadurch negative Ladung annehmen.

Die von dem beleuchteten Himmelskörper ausgehenden geladenen Partikelchen, ebenso wie die durch ihn abgelenkten, von der Sonne kommenden, werden hinter ihm eine Art Schweif bilden, dessen centrale Achse frei von geladenen Partikelchen bleibt, ungefähr wie die Achse eines Kometenschweifes frei von Schweifmaterie zu sein scheint. Diese Schirmwirkung üben die Planeten und ihre Monde sowohl gegen die direkt von der Sonne ausgehende, wie gegen die zur Sonne zurückkehrende radielle Strömung von negativ geladenen Körperchen aus.

Denken wir uns jetzt die Verhältnisse, wie sie nach dieser Ansicht auf der Erde obwalten werden. Die zur Sonne gewendete (Tages-) Seite der Erde wird durch einen Regen von negativ geladenen Partikelchen übersäet. Diese bleiben in den höchsten Luftschichten, noch höher als die höchsten Sternschnuppen, welche, da sie genügend Licht aussenden, um in einer Entfernung von mehr als 100 Kilometern gesehen zu werden, eine nicht unbedeutende Masse besitzen müssen. Wir können demnach, da die höchsten Sternschnuppen auf etwa 160 Kilometer Höhe erscheinen, ungefähr 200 Kilometer Höhe als die Stelle angeben, wo die kleinen Partikelchen von weniger als 1 μ Grösse stecken bleiben. Diese Luftschichten, die in der Nähe des Punktes, welcher auf der Verbindungslinie der Mittelpunkte von Erde und Sonne liegt, am stärksten geladen sind, entladen sich wieder und geben dann zu Kathodenstrahlen Anlass. Der grösste Teil der Entladungen wird unter dem Einflusse der ultravioletten Sonnenstrahlung am Tage vor sich gehen und nicht allzuweit von den Stellen Platz nehmen, wo die geladenen Partikelchen gefallen sind (also am meisten in den Äquatorialgegenden). Zufolge von Luftströmungen können aber auch zu anderen Tageszeiten und in Gegenden, die wenig oder gar kein Sonnenlicht erhalten, solche Anhäufungen von negativer Elektrizität stattfinden, dass Entladungen mit danach folgenden Kathodenstrahlen stattfinden.

Bekanntlich hat der hervorragende Nordlichtkenner Dr. Adam Paulsen[1]) eine so ausserordentliche Übereinstimmung in den Eigenschaften von Nordlicht und Kathodenstrahlen gefunden, dass er die erste Erscheinung für einen speziellen Fall der zweiten erklärt hat. Nur eine Schwierigkeit haftete dieser Ansicht an, nämlich der Mangel einer Vorstellung, wie diese Kathodenstrahlen wohl entstehen. Dieser Schwierigkeit wird offenbar durch die oben ausgeführte Anschauung abgeholfen. Da die Anhäufung der negativen elektrischen Massen auf einer Höhe von etwa 200 Kilometer vorkommt, wo der Luftdruck etwa 10^{-8} bis 10^{-9} Millimeter Quecksilber beträgt, so findet der Anfang der Kathodenstrahlen in einer so stark verdünnten Materie statt, dass sie keine merkliche Lichterscheinung zu Stande bringen. Dafür dringen sie ohne merkliche Absorption um so weiter hinein. Nun folgt aus der Natur der Kathodenstrahlen, dass sie in einem Magnetfeld nur dann geradlinig sich fortpflanzen, wenn sie in der Richtung der magnetischen Kraftlinien verlaufen. Sonst beschreiben sie Schraubenlinien um diese Richtung als Achse, von um so stärkerer Krümmung, je steiler sie gegen die magnetische Kraftlinien stehen. Die magnetischen Kraftlinien liegen nun am Äquator nahezu parallel zur Erdoberfläche; es folgt daraus, dass die Kathodenstrahlen in der Nähe des Äquators nicht in die tieferen Luftschichten einzudringen vermögen und deshalb keine stärkere Lichterscheinung hervorrufen können. Die Entladungen werden deshalb in der Nähe des Äquators nur einen diffusen schwachen, weit ausgebreiteten Lichtschein hervorrufen. Man hat auch da die Nordlichtlinie im diffusen Himmelslicht der Nacht (dem sog. Erdschein) gefunden. Je weiter man sich von dem Äquator entfernt, desto steiler stehen die magnetischen Kraftlinien zur Erdoberfläche. Eine Folge davon ist, dass die Kathodenstrahlen um so tiefer in die Atmosphäre hineindringen. Erst wenn dieselben in Schichten mit dichterer Luft (von der Grössenordnung 0.01 mm Druck) hineinkommen, geben sie zu stärkeren Lichterscheinungen Anlass, welche als Nordlicht bezeichnet werden. Je weiter also vom Äquator, desto häufiger werden anfangs die Polarlichterscheinungen und desto tiefer liegen dieselben. Dies stimmt sehr gut mit der Erfahrung überein. Natürlicherweise wird eine Grenze dieser Zunahme dadurch gesetzt, dass in der Nähe der Pole keine nennenswerten Mengen von negativen Partikelchen in die äussere Atmosphäre niederfallen. Es werden offenbar um die Pole und die magnetischen Pole (wo die magnetischen Kraftlinien senkrecht stehen) zwei Ringe liegen, auf welchen die Polarlichter am häufigsten vorkommen, wie dies thatsächlich der Fall ist.

Ausserdem wird natürlicherweise die Häufigkeit des Polarlichtes denselben Veränderungen unterworfen sein, wie die Mengen von aus der Sonnenumgebung ausgetriebenen negativ gela-

1) Ad. Paulsen: Sur la nature et l'origine de l'aurore boréale. Bull. de l'Ac. Roy. d. Se. de Copenhague 1894.

denen Partikelchen. Diese Mengen werden wohl in erster Linie der Fleckenzahl der gegenüber der Erde stehenden Teile der Sonne und dem Cosinus des Winkels zwischen Sonnenstrahlen und Erdnormale an der betreffenden Stelle sowie der Bestrahlungszeit proportional zu setzen sein. Einen geringeren Einfluss wird die in verschiedenen Jahreszeiten verschiedene Entfernung zwischen Sonne und Erde ausüben.

Die wichtigste Eigentümlichkeit bei dem Polarlicht ist die ausgeprägte Periodizität in seiner Häufigkeit. Die auffallendste Periode ist die mit der Sonnenfleckenperiode zusammenfallende, 11.1 Jahre umfassende. Wahrscheinlicherweise kommen noch längere sekuläre Perioden vor, in welchen die Nordlichterscheinung mehr oder weniger kräftig sich geltend macht, wie schon de Marian in seiner klassischen Untersuchung festgestellt hat.[1]) So z. B. fanden ungewöhnlich kräftige Nordlichtentwicklungen um die Mitte des achtzehnten und am Ende des neunzehnten Jahrhunderts statt, welchen ausgeprägte Minima vorangegangen waren. Diese längeren sekulären Schwankungen, deren genaue Natur noch nicht festgestellt werden konnte, hängen auch wahrscheinlicherweise mit Schwankungen in der Sonnenthätigkeit zusammen. Wenigstens war die Menge der Sonnenflecken zur Zeit ihrer Maxima beim Beginn der zwei letztverflossenen Jahrhunderte, zu welcher Zeit die Nordlichter sehr spärlich vorkamen, ungewöhnlich knapp. Danach wäre diese sekuläre Periode gleich etwa 10 Perioden von 11.1 Jahren; einige Forscher wollen dieselbe nur halb so lang rechnen.

Ausser diesen langen Perioden besitzt das Polarlicht eine jährliche Periode mit zwei Maximis zu den Zeiten der Tagesgleichen und zwei Minimis um die Sonnenwenden. Von den Maximis scheint dasjenige im Herbst etwas kräftiger als dasjenige im Frühling zu sein. Dies geht besonders deutlich aus den Daten aus Nordamerika hervor, wo die jährliche Veränderlichkeit der Tageslänge und -Helligkeit am wenigsten störend einwirkt. Sehr weit nach Norden, wie in Island und Grönland, verschieben sich zufolge der genannten Störung die Maxima so stark zur dunkelsten Jahreszeit hin, dass sie zu einem einzigen Maximum im Dezember zusammenfliessen, während in Juni und Juli keine Nordlichter wegen der starken Beleuchtung des Himmels gesehen werden. Nach den Beobachtungen aus Nordamerika ist trotz der stärkeren Helligkeit des Himmels im Sommer die Frequenz der Nordlichter in dieser Jahreszeit grösser als im Winter (das Juniminimum zeigt 1061 Nordlichter, während das Dezemberminimum nur 912 aufweist). Wenn man eine Korrektion wegen der Änderung der Helligkeit einführte, würde sich der Vergleich noch mehr zu Gunsten des Sommers verschieben. Dasselbe gilt für die südliche Halbkugel, wo die Polarlichter am Sommerminimum (Januar) etwa doppelt so häufig sind wie am Winterminimum (Juni bis Juli). Wenn also in den den Polen näheren Gegenden, wie Skandinavien und noch mehr Island und Grönland, das Sommerminimum ausserordentlich viel ausgeprägter ist, als dasjenige im Winter, so rührt dies wahrscheinlicherweise nur von sekundären Umständen her, indem die Helligkeit der Sommernächte die Beobachtung der Polarlichter beinahe vollkommen ausschliesst.[1])

Die Monatsperioden der Polarlichter sind erst in letzter Zeit aufgefunden worden. Ekholm und Arrhenius wiesen eine Periode nach, welche mit dem tropischen Mondumlauf zusammenfällt. Das Maximum der Nordlichter tritt zur Zeit des südlichen Lunistitiums, das Minimum umgekehrt zur Zeit des nördlichen Lunistitiums ein. Für die südliche Halbkugel liegen Maximum und Minimum umgekehrt. Die Schwankung beträgt etwa $\pm$ 20 Prozent.[2]) Eine andere nahezu monatslange Periode, bei welcher aber das Maximum gleichzeitig auf den beiden Halbkugeln eintrifft, ist die eigentümliche nahezu 26tägige Periode, welche man früher in erdmagnetischen und anderen (z. B. barometrischen) Erscheinungen nachwies. Die Länge dieser Periode, welche eine Amplitude von etwa $\pm$ 10 Prozent aufweist, wurde von Ekholm und Arrhenius zu 25.93 Tagen festgestellt.[3])

Die kürzeste der Polarlichtperioden ist die tägliche. Die Mehrzahl der Nordlichter fällt vor Mitternacht. Nach Fritz[4]) trifft das tägliche Maximum in Mitteleuropa (50° N. Br.) etwa um 9^h abends ein, an nördlicher gelegenen Orten wie Upsala und Christiania (60° N. Br.) um $9^h\ 30^m$ bis 10^h und bei Bossekop (70° N. Br.) um $10^h\ 30^m$. In Amerika scheint das Maximum etwas später einzutreten, in mittleren Breiten (40—50° N. Br.) um 10^h, in den amerikanischen Polarländern (60—70° N. Br.) etwa um Mitternacht.

Diese tägliche Variation wird in höchstem Maass durch die Helligkeitsverhältnisse beeinträchtigt. Das Polarlicht ist im Tageslicht absolut unsichtbar und kann erst nach Ende der Dämmerung richtig zur Geltung kommen. Wenn nicht fremdes Licht störend einwirkte, so müsste das wirkliche Maximum also früher eintreffen, als das beobachtete, und es kann wohl vermutet

1) l. c., 179.

1) Das statistische Material, aus welchem diese Schlüsse gezogen sind, findet sich in einer Abhandlung von Ekholm und Arrhenius, Kongl. Svenska Vet.-Akademiens Handlingar, **31**, 15, 1898.

2) Ekholm und Arrhenius, l. c., 51.

3) Ekholm und Arrhenius, Kongl. Svenska Vet.-Akademiens Handlingar, **31**, 18, (1898).

4) Fritz, Das Polarlicht, Lpz. 1881, 102.

werden, dass es nach der Mittagsstunde fällt, ungefähr wie dasjenige der magnetischen Deklination. Ein Versuch, wegen der ungleichen Helligkeit zu korrigieren, ist von Carlheim-Gyllenskiöld ausgeführt worden. Seine Beobachtungen wurden im Winter 1882—1883 in Cap Thordsen auf Spitzbergen ausgeführt und führen unkorrigiert zu einem Maximum um etwa 8^h N. M., während das korrigierte Maximum um 2^h 40^m N. M. eintrifft.[1])

Bei der sekulären Periode tritt eine sehr ausgeprägte Eigentümlichkeit hervor, nämlich dass sie sich um so mehr geltend macht, je näher das Beobachtungsgebiet am Äquator liegt. Auf Island und Grönland ist sie kaum zu entdecken. Ähnliche Betrachtungen lassen sich betreffs der 25.93 tägigen[2]) und der täglichen Periode machen. So z. B. ist nach Carlheim-Gyllenskiöld die wirkliche tägliche Periode der Nordlichter auf Spitzbergen sehr wenig ausgeprägt.[3]) Dies lässt sich leicht verstehen.

Am einfachsten ist natürlicherweise die Erklärung der elfjährigen und anderer sekulären Perioden, welche mit der Fleckenfrequenz in Zusammenhang stehen. Je mehr Sonnenflecken vorkommen, desto stärkere Tropfenbildung entsteht in den äusseren Schichten der Sonne, und desto mehr negativ geladene Partikelchen werden zur Erde von der Sonnenstrahlung getrieben. Ebenso leicht ist die Erklärung der doppelten Periode in einem Jahr. Die Sonnenthätigkeit hat bekanntlich ein Minimum am Sonnenäquator, von wo sie nach beiden Seiten zunimmt, um bei etwa 15^0 N. und S. Br. ein Maximum zu erreichen. Die Erde steht nun gegenüber dem Sonnenäquator in zwei Stellungen am 6. Dezember und am 4. Juni. Von da ab entfernt sich die Erde vom Sonnenäquator, weil die Ebene desselben einen Winkel von 7^0 mit der Ekliptik bildet, so dass die Erde am 5. März gegenüber einem Punkt 7^0 N. vom Sonnenäquator und am 3. September gegenüber einem Punkt 7^0 S. vom Sonnenäquator steht. Da die Ausströmung von geladenen Partikelchen hauptsächlich senkrecht von der Sonnenoberfläche ausgeht, so wird die Erde einer schärferen Sonnenthätigkeit um den 5. März und den 3. September ausgesetzt als zu anderen Jahreszeiten, weshalb um diese Zeiten zwei Maxima eintreffen müssen. Die Minima sollen danach stattfinden, wenn die Erde den Sonnenäquator am 6. Dezember und am 4. Juni passiert. Dies entspricht gänzlich dem jährlichen Gang der Nordlichtfrequenz. Ebenso wird das Minimum in Juni schwächer sein als dasjenige im Dezember, weil die Erde sich im ersten Fall in der Nähe des Aphels, im zweiten in der Nähe des Perihels befindet. Nach dem gesammelten Ziffernmaterial scheint dies auch einzutreffen, indem das Mittel der relativen Frequenz im Juni zu derjenigen im Dezember für die beiden Halbkugeln geringer als 1 ausfällt. Hier spielen die Jahreszeiten ein. Je höher die Sonne in einem Punkte steht, desto mehr muss er von den Sonnenpartikelchen getroffen werden. Folglich soll die Polarlichtfrequenz im Sommer grösser als im Winter sein. Dies trifft auch zu, sobald die Beleuchtung nicht allzu stark die Sichtbarkeit der Polarlichter beeinträchtigt. In Gegenden, wo die Nacht im Sommer nicht allzu hell wird, um die Beobachtung von Polarlichtern stark zu beeinträchtigen, d. h. an Punkten, die nicht allzu entfernt vom Äquator liegen, trifft dies auch zu, wie die Beobachtungen aus Amerika und von der südlichen Halbkugel lehren. Aus eben denselben Gründen sollte die Polarlichtfrequenz ein Maximum ein paar Stunden nach dem Mittag besitzen ungefähr wie die Lufttemperatur, da um diese Zeit die Anhäufung von Sonnenstaub in den obersten Luftschichten ein Maximum erreichen muss. Da nun um diese Zeit herum die Nordlichter unsichtbar sind, so kann man nur verlangen, dass die Nordlichter vor Mitternacht häufiger vorkommen sollen als nach Mitternacht, was auch überall einzutreffen scheint. Bemerkenswert erscheint, dass Gyllenskiöld nach Einführung einer Korrektion wegen der Beleuchtung das wirkliche tägliche Maximum der Nordlichtfrequenz um etwa 3 Uhr N. M. gefunden hat.

Die Polarlichter geben sich durch magnetische Störungen kund, und diese sind natürlicherweise davon unabhängig, ob jene sichtbar sind oder nicht. Das Studium der erdmagnetischen Störungen scheint deshalb sehr wertvolle Einblicke in die Natur der Polarlichter geben zu können. Solche Störungen sind in Batavia photographisch registriert worden und sind nachher von van Bemmelen[1]) einer Diskussion unterworfen worden. Aus dieser Untersuchung geht hervor, dass diese Störungen eine halbjährliche Periode besitzen mit Maximis in März und September, Minimis in Januar und Juni. Sie sind von den Sonnenflecken abhängig, indem beide Erscheinungen gleichzeitig zu- oder abnehmen. Diese beiden Umstände zeigen, dass die Störungen als eine Manifestation der Polarlichter betrachtet werden können. Die tägliche Periode dieser Störungen hat ein Maximum um 3 Uhr N. M. und ein Minimum um 1 Uhr V. M. Es ist demnach wahrscheinlich, dass die Polarlichter, wenn das Tageslicht nicht ihre Beobachtung beeinträchtigte, ein Maximum ein paar

1) Carlheim-Gyllenskiöld, Observations faites au Cap Thordsen II, 1, 197, 1886.
2) Ekholm und Arrhenius, K. Sv. Vet.-Ak. Handl., 31, 19, 1898.
3) Carlheim-Gyllenskiöld, l. c.

1) van Bemmelen: Verslagen en Mededeelinge Ak. v. Wetenschappen te Amsterdam Nov. 22 1899.

Stunden nach dem Mittag zeigen würden, wie die Theorie verlangt.

Wir kommen jetzt zu den etwa monatslangen Perioden. Von denselben ist die nahezu 26tägige mit der synodischen Umlaufszeit der Sonne, und zwar des Sonnenäquators, in Zusammenhang gestellt worden. Allerdings war es früher schwer, zu verstehen, warum man mit dem Sonnenäquator rechnen sollte, da man der Ansicht war, dass die Sonnenflecken die Polarlichter hervorrufen, und das Maximum der Sonnenflecken etwa 15° N. und S. vom Äquator fällt. Es erscheint daher sachgemässer, mit der synodischen Umlaufszeit dieser Maximalregion der Flecken, welche sich auf etwa 27,3 Tage beläuft, zu rechnen. Nach der oben ausgeführten Anschauung muss man aber, da die Erde sich sehr wenig vom Äquator der Sonne entfernt und immer zweimal jährlich zum Sonnenäquator zurückkehrt, mit der Umdrehungszeit der Sonne am Sonnenäquator rechnen. Diese beträgt nun für die Flecken 26.8 Tage und für die Fackeln 26.06 Tage. Es ist natürlich mit der Umdrehungszeit der Fackeln zu rechnen, da von diesen die Eruptionen ausgehen, welche Sonnenstaub nach dem Weltraum aussenden. Die Umdrehungszeit der Fackeln unterscheidet sich nun in der That sehr wenig von der Periodenlänge 25.93 Tage, welche aus der Frequenz der Polarlichter berechnet worden ist. Der Unterschied fällt noch geringer aus, wenn man bedenkt, dass höher gelegene Teile der Sonnenatmosphäre kürzere Umdrehungszeit besitzen, wie tiefer gelegene, und also die höher gelegenen Fackeln etwas schneller rotieren werden als die Fackeln im Mittel. Natürlicherweise haben aber die höher gelegenen Fackeln einen grösseren Einfluss, wie die niedriger gelegenen, in Bezug auf die Aussendung von Staubpartikelchen. Wir können folglich die synodische Rotationszeit 25.93 als innerhalb der Beobachtungsfehler mit der Rotationszeit der höher gelegenen Fackeln identisch ansehen. Die Erklärung der 25.93tägigen Periode ist damit gegeben.

Etwas komplizierter verhält sich die Periode der Polarlichtfrequenz nach dem tropischen Umlauf des Mondes um die Erde. Die einfachste Erklärung derselben, welche sich auch der von Ekholm und mir früher gegebenen nahe anschliesst, scheint mir diejenige zu sein, dass man den Mond als einen stark negativ geladenen Körper betrachtet. Die Ladung des Mondes rührt wie diejenige der höheren Luftschichten von den von der Sonne weggestossenen negativen Partikelchen her. Steht nun der Mond über einer elektrisch gleich geladenen Luftschicht, so wird der Potentialfall in der Richtung hinaus vermindert und Entladungen treten nicht so leicht ein, wie wenn der Mond nicht da wäre. Man kann dagegen sagen, dass der Mond in einer viel zu grossen Entfernung stände, um einen merklichen Einfluss auszuüben. In dieser Hinsicht verweise ich auf die früheren von Ekholm und mir gemachten Berechnungen, wonach die Ladung des Mondes gar nicht so übermässig gross sein müsste (etwa 10000 mal grösser als diejenige der inneren Erdkugel), um eine starke Veränderung des elektrischen Feldes in der Umgebung der Erde hervorzubringen.[1]) Damals erschien diese Mondladung relativ gross, als man noch nicht die Ladung der äussersten Luftschichten kannte, und sie mit der Ladung der inneren Erdkugel verglich. Aber nach der Art und Weise zu urteilen, wie die Ladung der fest-flüssigen Erde entsteht (vgl. weiter unten), wird es höchst wahrscheinlich, dass dieselbe nur einen sehr geringen Bruchteil der Ladung in den höheren Luftschichten ausmacht. Und gerade diese letztere ist es, mit welcher die Mondladung verglichen werden soll, da sie in derselben Weise entsteht. Es ist demnach gar nicht undenkbar, dass die Mondladung eine recht beträchtliche Grösse besitzt, so dass sie die Entladungen von der äusseren Luft in Luftschichten, über welchen der Mond steht, merklich zu verhindern vermag. Steht dagegen der Mond unter dem Horizont, dürfte seine Wirkung durch die Schirmwirkung der dazwischen liegenden Erde bedeutend geschwächt sein. Wenn also der Mond nördlich vom Äquator steht, wird er vorzugsweise die Entladungen auf der nördlichen Halbkugel verhindern, und umgekehrt, wenn er südlich vom Äquator steht. Mit anderen Worten, der Mond wird, wenn er nördlich vom Äquator steht, die Zahl der Nordlichter, wenn er südlich vom Äquator steht, dagegen die Zahl der Südlichter vermindern.

Mit dieser Anschauungsweise stimmt auch der Einfluss des Mondes auf die Luftelektrizität. Wenn die Kathodenstrahlen der Polarlichter in die untenliegende Atmosphäre hineindringen, so ionisieren sie die daselbst befindliche Luft. Natürlicherweise wird die Ionisierung vorzugsweise in den höher belegenen Luftschichten stattfinden. Nach den in neuester Zeit veröffentlichten Untersuchungen von Elster und Geitel[2]), sowie von Lenard scheint die Luft in höher gelegenen Gegenden ionisiert zu sein, wie ich schon in meiner theoretischen Behandlung der Luftelektrizität voraussetzte.[3]) Die Folge einer solchen Ionisierung ist von J. J. Thomson[4])

1) Ekholm und Arrhenius, Bihang t. K. Sv. Vet.-Ak. Handl. 19, Afd. 1, 35, 1894.

2) Elster und Geitel, Terrestrial magnetism and atmospheric electricity, Dec. 1899 (diese Zeitschrift I, 245, 1900). Vgl. Lenard: Ann. d. Physik (4) 1, 505, 1900.

3) S. Arrhenius, Meteorol. Zeitschr. 5, 1888.

4) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) 46, 533, 1898.

hervorgehoben worden. Der Wasserdampf kondensiert sich mit Vorliebe auf den negativen Ionen der Luft und diese werden zur Erde hinuntergeführt, während die positive Ladung in den höheren Schichten verbleibt. Je stärker also die Zahl der Nordlichter, desto grösser müsste die positive Ladung der oberen Luftschichten und die negative der Erdoberfläche sein. Leider erlauben die bisherigen Beobachtungen nicht die Richtigkeit dieser Schlussweise zu prüfen, wonach die Luftelektrizität mit der Sonnenfleckenfrequenz schwanken müsste. Dagegen scheint es durch die Messungen bei Ballonfahrten in letzter Zeit konstatiert zu sein, dass über der Erdoberfläche in der Luft eine positive Ladung vorherrscht, welche so gross ist, dass sie in etwa 3000 m Höhe die Wirkung der negativen Ladung der Erde nach aussen neutralisiert.[1])

Wenn nun der Mond hoch steht, so wird die Zahl der Nordlichter dadurch vermindert, und infolgedessen die Stärke der negativen Ladung der Erde und diejenige der positiven Ladung der Luft ebenfalls verringert. Dies findet nun auch statt und zwar kennt man eine tägliche und eine tropisch-monatliche Periode der Erscheinung. Da offenbar in diesem Fall eine längere Einwirkung zum Erreichen eines grösseren Effektes nötig ist — die negative Elektrizität muss durch Kondensationen erst zur Erde transportiert werden — so ist es leicht ersichtlich, dass die tägliche Periode sich nur relativ schwach entwickeln kann in Vergleich zu der monatlichen. Diesen Umstand zu erklären, bot früher die grösste Schwierigkeit als die direkte Influenzwirkung des Mondes auf den Erdkörper als ausschlaggebend betrachtet wurde. Man muss ihr vielmehr nur eine untergeordnete Wirkung zuschreiben. Diesem Gang entspricht das Verhalten der polaren Beobachtungsorte, Cap Horn und Cap Thordsen. Die eigentümliche Phasenverschiebung, welche bei südlicher gelegenen Beobachtungsorten gefunden ist, möge unbesprochen bleiben, bis eine grössere Menge von empirischem Material vorliegt.

Eine andere luftelektrische Erscheinung, welche Paulsen[2]) in seiner Nordlichttheorie erwähnt, ist diejenige, dass, gleich nachdem durch die Kathodenstrahlen negative elektrische Massen in die niederen Luftschichten hineingedrungen sind, die negative Ladung der darunter liegenden Erdoberfläche geschwächt erscheint, was ja selbstverständlich ist. Überhaupt muss die hier ausgeführte Ansicht über die Entstehungsweise der Nordlichter vollkommen mit der Paulsenschen Nordlichttheorie übereinstimmen, da sie die Voraussetzung dieser Theorie erfüllt.

Zufolge der Fähigkeit der Kathodenstrahlen, Kondensationen hervorzurufen, werden, wie Paulsen hervorhebt, die Nordlichter von Wolkenbildungen begleitet. Überhaupt ist es schon lange bekannt, dass in den Nordlichtjahren die Menge der höher liegenden Wolken viel grösser ist, als in den nordlichtarmen Jahren. Auch für Jupiter scheint nach Beobachtungen von Vogel was Ähnliches zu gelten. In Jahren von vielen Sonnenflecken erscheint dieser Planet mit weisslicherem Licht, in Jahren von wenigen Sonnenflecken mit rötlicherem. Da man nun einig ist, dass Jupiter um so röter erscheint, je tiefer man in seine Atmosphäre hineinschauen kann, so stimmt dies damit, dass in sonnenfleckenreichen Jahren die Wolkenbildung auf Jupiter reichlicher ist, wie in sonnenfleckenarmen. Auch auf Jupiter fällt kosmischer negativ geladener Staub von der Sonne, und es müssen denn auf diesem Planeten ähnliche Zustände in elektrischer Beziehung in den höheren Schichten der Atmosphäre obwalten, wie in denjenigen der Erde. Auf die eigentümlichen Lichterscheinungen auf Venus, welche mit dem Nordlicht parallelisiert worden sind, will ich nicht näher eingehen, da ihre Realität von vielen Astronomen bezweifelt wird. Geleugnet kann es nicht werden, dass Venus wegen ihrer nahen Lage zur Sonne und ihrer dichten Atmosphäre ausserordentlich günstige Bedingungen für die Entwickelung von Polarlichtern bietet.

Es ist natürlich anzunehmen, dass auch die Tröpfchen in den Kometenschweifen vorzugsweise auf negativen Partikelchen sich kondensieren, woraus folgt, dass sie negativ geladen sind. Daraus sollte man schliessen, dass die Erde, wenn sie einen Kometenschweif durchschreitet, der Schauplatz von nordlichtartigen Erscheinungen sein sollte. Dies scheint auch der Fall zu sein. Lowe sagt: „Diesen Tag (beim Durchgang der Erde durch einen Kometenschweif) hatte der Himmel einen eigentümlichen Glanz, so dass, wenn es Abend gewesen wäre, ich ein Nordlicht zu sehen geglaubt hätte.“ Auch Liais und Secchi sollen ähnliche Erscheinungen beobachtet haben.[1])

Auch die Erscheinungen des Erdmagnetismus scheinen mit dieser Ansicht in gutem Einklang zu stehen. Die täglichen Variationen des Erdmagnetismus können nach einer Abhandlung von v. Bezold[2]) in einfachster Weise folgendermaassen dargestellt werden. Auf der

1) Nach Messungen von André, Le Cadet, Börnstein und Baschin (Meteorol. Zeitschr. 11, 351, 1894).
2) Paulsen: l. c., 7.

1) Lowe: The english mechanic and world of science, Vol. 34, 275, 1881. Vgl. J. C. Houzeau: Vademecum de l'Astronome, Bruxelles 1882, 784. Dieses Citat verdanke ich Hrn. Dr. J. R. Rydberg.
2) von Bezold: Über Erdmagnetismus, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 32, 1899. Sitzber. d. Berl. Ak. 1897, 444.

von der Sonne beschienenen Erdhälfte bilden sich zwei Centra, ein nördliches und ein südliches, etwa 40^0 N. und S. vom Äquator an den Stellen der stärksten Insolation (wo die Sonnenzeit etwa 11 Uhr V. M. ist). Das nördliche Centrum ist stärker, wenn die Deklination der Sonne nördlich ist, und umgekehrt, wenn sie südlich ist. Zum nördlichen Centrum hinein zeigt das Nordende der Magnetnadel, zum südlichen das Südende, wenn man nur dasjenige magnetische Feld betrachtet, welches die tägliche Änderung des Magnetismus darstellt. Bedenkt man nun, dass die Luftschichten positiv geladen sind, so findet man, dass die genannte Richtung der Magnetnadel zu Stande gebracht werden muss, wenn man annimmt, es entstehen durch die Sonnenwirkung zwei Cyklonen, eine nördliche und eine südliche, über den Stellen der stärksten Sonnenwirkung. Um diese Cyklonen herum wirbeln die Winde wie gewöhnlich auf der nördlichen Halbkugel umgekehrt, auf der südlichen Halbkugel dagegen im selben Sinne wie die Zeiger einer Uhr. Neben den starken Cyklonen auf der Sonnenseite giebt es auf der beschatteten Seite zwei viel diffusere Anticyklonen-Systeme, in welchen die Windrichtung umgekehrt ist, und deshalb die Magnetnadel eine entgegengesetzte Richtung besitzt. Diese Cyklonen und Anticyklonen sind wohl bisher nicht direkt nachgewiesen worden — man müsste sie wahrscheinlich an der täglichen Periode im Gang der höheren und besonders höchsten Wolken entdecken. Da aber die Absorption der Sonnenstrahlen in der Atmosphäre eine gleiche Cirkulation notwendigerweise hervorrufen muss, wenn nur nichts ihre Ausbildung verhindert, und die erdmagnetische Variation in dieser Weise ausserordentlich leicht verständlich wird, so bin ich überzeugt, dass, sobald man genug statistisches Material zur Beurteilung der täglichen Änderung in der Bewegung der höheren Luftschichten besitzen wird, dasselbe die genannte Verteilung der Winde nachweisen wird.

In sonnenfleckenreichen Jahren ist natürlicherweise die positive Ladung der Luft kräftiger wie sonst, d. h., der tägliche Gang der Magnetnadel wird eine stärkere Amplitude wie sonst haben. Aus dieser Anschauung folgt es, dass an verschiedenen Stellen diese Amplitude A um den gleichen Bruchteil zunimmt, so dass, wenn A_0 den Wert von A in einem Jahr von keinen Sonnenflecken, A_f den entsprechenden Wert in einem Jahr, wenn die Relativzahl von Wolf gleich f ist, die Beziehung gilt:

$$A_f = A_0(1 + af).$$

Diese Beziehung ist sehr nahe erfüllt und a hat überall einen nahezu gleichen Wert 0.0064. A_0 variiert bekanntlich und ist nahe am Äquator negativ, auf höheren Breiten positiv, wie aus dem Vorhingesagten leicht zu ersehen ist.

Wir kommen nun zur Ladung und Entladung der äusseren Luftschichten zurück. Dieselben verlaufen, die Ladung bei Tag, die Entladung, wenn die Ladung gross genug geworden ist, d. h. vorzugsweise am Nachmittag. Die Ladung ist nun am stärksten gerade da, wo die Sonne am Tage am höchsten gestanden hat. Da muss die Entladung auch am stärksten sein, teils wegen der starken Ladung, teils wegen der ultravioletten Strahlung, welche die Entladung begünstigt. Die entladenden Partikelchen werden zuerst von der Erde hinausgestossen und danach von der Sonnenstrahlung weggestossen. Die erstgenannte Wirkung wird nach dem Erdradius hin wirken, die letzterwähnte längs der Verbindungslinie der Sonne mit der Erde, d. h. in der Ebene der Ekliptik. Von Aussen gesehen wird es sich ausnehmen, als ob eine Garbe von der Erde herausstände, deren grösste Konzentration zwischen den Wendekreisen läge, und deren Richtung in der Ebene der Ekliptik nach der Schattenseite der Erde hin fiele. Diese Garbe müsste an der Abendseite der Erde stärker entwickelt sein, als an der Morgenseite.

Dieses Verhalten entspricht gänzlich demjenigen des Zodiakallichtes. Auch ist die oben gegebene Deutung desselben gewissermaassen nur eine Umschreibung der von Förster gegebenen[1]), in welcher er die Analogie des Zodiakallichtes mit den Kometenschweifen hervorhebt. Das Zodiakallicht wäre gewissermaassen ein doppelter Schweif der Erde, welcher an die äquatoriale Gegend gebunden ist und in der Richtung von der Sonne sich ausdehnt.

Diese Lichterscheinung breitet sich nach beiden Seiten in der Ebene der Ekliptik zur Nachtseite der Erde aus, wo die beiden Zweige scheinbar sich mit dem Gegenschein (vgl. oben) vereinigen.

Ganz anders muss der Mond sich verhalten. Da er keine Atmosphäre besitzt, wird seine Ladung sich über seine ganze Oberfläche ausdehnen und die von ihm ausgehenden entladenden Partikelchen müssen diesen Himmelskörper mit einem nach allen Richtungen gleichmässig entwickelten Schweif umgeben. Es verdient wohl hervorgehoben zu werden, dass man den kosmischen Staub, welcher den Mond umgiebt, bei Mondfinsternissen beobachten kann, indem der Schatten der Erde auch ein kleines Stück ausserhalb der Mondscheibe sichtbar ist.[2])

Man kann sich nun fragen, was wird aus allen diesen von der Sonne hinweg fliegenden, negativ geladenen Partikelchen. Einige fallen

1) Förster, Himmel und Erde 1, 228 und 691, 1889.
2) Förster: l. c.

auf die Sonne zurück, aber andere sind für immer für diesen Himmelskörper verloren. Sie wandern dann im Weltraum herum, bis sie entweder anderen ähnlichen Partikelchen, von der Sonne oder anderen Sternen stammend, begegnen, oder bis sie gegen einen Himmelskörper stossen. Im ersten Fall werden sie zufolge der Wärmeentwickelung beim Stoss zusammensintern und dann zufolge der Kapillarkräfte zusammenhalten. So können sich am Ende ganz bedeutende Massen ansammeln. Aber wenn sie nicht ihre elektrischen Ladungen verlieren könnten, würde zuletzt diese Ansammlung ein Ende erreichen. Zufolge der ultravioletten Strahlung der wärmsten Himmelskörper geschieht aber die Entladung ohne weiteres. Die Verteilung wird infolgedessen diejenige sein, dass die geladenen Teile sich konzentrieren, während sie noch kleinere Teile mit relativ starken negativen Ladungen abstossen. Die ersteren zusammensinternden Teile bilden Anziehungszentra und sammeln immer mehr Materie auf. Ihre Zusammensetzung wird sehr inhomogen und schwammig sein, die verschiedenen kleinen Teile derselben sind in einem Zustande, wie wenn sie direkt aus dem Gaszustande sublimiert wären, was sie ja auch jeder für sich thatsächlich sind. Dies sind gänzlich, nach Nordenskiölds[1]) und Daubrées[2]) Beschreibungen, die Merkmale der Steinmeteorite und auch der allermeisten Eisenmeteorite, welche zu unserem Sonnensystem aus unendlichen Entfernungen herüberkommen.

Es fällt sehr schwer, die Entstehung der Meteorite in anderer Weise zu verstehen. Ihre Zusammensetzung entspricht sehr nahe derjenigen der vulkanischen Produkte von basischer Beschaffenheit d. h. aus grösserer Tiefe[3]). Dies ist ein Beweis dafür, dass die Erde ebenso zusammengesetzt ist, wie das Universum im allgemeinen oder richtiger, wie die Sonnen des Universums, denn aus diesen stammen die Partikelchen der Meteorite ursprünglich.

Ein anderer Teil dieser Partikelchen wird von anderen Himmelskörpern aufgefangen und in dieser Weise besteht ein ständiger Austausch der materiellen Bestandteile der Himmelskörper, welcher, obgleich scheinbar unbedeutend, in dem ewigen Laufe der Zeit zur Ausgleichung der vielleicht vorhandenen materiellen Verschiedenheiten beigetragen hat. Dabei führen sie natürlicherweise auch negative Elektrizität zu diesen Himmelskörpern mit. Die Sonnen werden demnach in elektrischer Hinsicht sich ebenso verhalten wie unsere Erde. Der innere Körper besitzt zufolge der herunterfallenden negativ geladenen Partikelchen eine negative Ladung. Die umgebende Gasmasse hat einen sehr grossen Überschuss an positiver Ladung, welche die innen liegende negative Ladung überwiegt, und zuletzt fliegen die negativ geladenen Partikelchen ausserhalb der Sonne und ihrer Atmosphäre im Weltraum herum.

Die grösste Ausbreitung unter den Himmelskörpern besitzen die Nebel, welche überall auf dem Himmelsgewölbe zerstreut sind. Es ist sehr wahrscheinlich, dass in jeder beliebigen Richtung ein Nebel liegt. Dieselben werden deshalb in höchstem Grade geeignet sein, die herumirrenden negativ geladenen Partikelchen einzufangen. Dies erklärt eine sonst sehr schwerverständliche Erscheinung. Die Nebel bestehen aus einer äusserst verdünnten Materie, welche ein Gasspektrum giebt, das hauptsächlich die Wasserstoff-, Stickstoff- (?) und Heliumlinien sowie eine Linie unbekannten Ursprunges enthält. Wegen der kolossalen Ausdehnung der Nebel muss man voraussetzen, dass die Schwerewirkung in ihnen ausserordentlich gering ist und zur Zusammenhaltung der Nebelmaterie, besonders der äussersten Teile davon, nur sehr wenig Kraft liefern kann. Wenn nun die Gase der Nebel glühend wären, d. h. eine Temperatur von wenigstens 500^0 C. besässen, so würde die Schwerewirkung sich nicht der Expansivkraft der Gase entgegensetzen können, sondern dieselben würden sich ausdehnen und in den unendlichen Raum hinausdiffundieren. Es ist also nötig anzunehmen, dass die Nebelmaterie, besonders in den äusseren Teilen, eine sehr niedrige Temperatur besitzt, die sehr wenig von dem absoluten Nullpunkt sich unterscheidet. Diese Annahme wird auch von vielen Astrophysikern gelegentlich gemacht. Aber unter solchen Umständen können die Nebel nicht leuchten. Wenn aber elektrisch geladene Partikelchen in sie hineindringen, werden elektrische Entladungen in den Nebelmassen stattfinden und dieselben zum Leuchten bringen. Dabei ist die tiefe Temperatur kein Hindernis, im Gegenteil zeigen neuerdings von Herrn J. Stark[1]) angestellte Versuche, dass das elektrische Leuchten eines Gases um so intensiver ist, je niedriger die Temperatur.

Dadurch wird auch ein anderer Umstand erklärlich, nämlich derjenige, dass die Nebel nur mit Licht leuchten, welches den leichtesten, bezw. den am leichtesten durch elektrische Schwingungen zu Lichtentfaltung zu erregenden Gasen ent-

1) Nordenskiöld, Studier och forskningar 181, Stockholm 1883. „Alles deutet darauf hin, dass diese kosmischen Eisenmassen sich in der Weise gebildet haben, dass Atom nach Atom von Eisen, Nickel, Phosphor u. s. w. sich im Weltall aggregiert hat.“ „Ein ähnliches Verhalten findet bei den meisten Steinmeteoriten statt.“ „Der Stein ist so poröse und locker, dass er zum Filtrum dienen kann, und lässt sich zwischen den Fingern zerpulvern.“

2) Daubrée, Comptes Rendus **96**, 345, 1893.

3) Vgl. E. Reyer, Theoretische Geologie, 227—232, Stuttgart 1888.

1) J. Stark, Ann. d. Physik, (4), **1**, 424, 1900.

spricht. Die leichtesten Gase konzentrieren sich nämlich zufolge der Wirkung der Schwere in den äussersten Schichten der Nebel, während die schwereren Gase sich nach den inneren Teilen konzentrieren. Es sind nun nur die äussersten Teile, welche die herumirrenden negativen Partikelchen einfangen, ebenso wie dies in den äussersten Teilen unserer Atmosphäre geschieht. Früher glaubte man, zur Erklärung des Umstandes, dass in den Nebeln nur die Wasserstofflinien — man kannte damals nicht die Heliumlinien — vorkommen, sogar die Annahme machen zu dürfen, dass unter äusserst geringen Drucken alle Körper in Wasserstoff, oder Bestandteile des Wasserstoffs zerfallen. Diese Idee leidet daran, dass keine einzige andere Erscheinung zu ihrer Stütze angeführt werden kann, während die chemischen Erfahrungen ihr gänzlich widersprechen. Ebenso abenteuerlich wäre es anzunehmen, dass in den Nebeln nur einige wenige der bekannten chemischen Körper repräsentiert wären.

Die oben gegebene Erklärungsweise löst auf die einfachste Art diese Schwierigkeit, indem sie annimmt, dass nur (oder wenigstens in ganz überwiegendem Grade) die äussersten Teile der Nebel Licht aussenden. Dies stimmt auch sehr gut mit den Beschreibungen über das Aussehen der Nebel überein, indem diejenigen Stellen nicht am stärksten leuchten, von welchen man aus der Konfiguration vermuten könnte, dass sie die dicksten Gasschichten enthalten, sondern eher die Randteile sich durch relativ starke Lichtentwickelung auszeichnen. Als Beispiele mögen die planetarischen und die Ringnebel angeführt werden.

Natürlicherweise können allmählich diese kleinen Partikelchen sich zu grösseren Centren zusammenballen oder auch Meteorite in die Nebel hineindringen und dadurch Centra zu beginnenden Kondensationen abgeben, wodurch die Nebel sich allmählich zu Sternhaufen entwickeln.

Die oben entwickelten Ansichten zeigen in vielen Punkten grosse Ähnlichkeit mit den von De Mairan vor 170 Jahren ausgesprochenen, wonach die Nordlichter von dem kosmischen Staub herrühren sollten, welcher sonst als Zodiakallicht sich kundgiebt. Er glaubte aber, dass dieser Staub in einem Ringe um die Sonne kreise und nicht radiell ausstrahle. Auch war er nicht der Ansicht, dass dieser Staub elektrisch geladen sei, sondern suchte die (elektrischen und) magnetischen Wirkungen des Nordlichtes in anderer Weise zu erklären. Das teilweise Zusammenfallen der längst verlassenen De Mairanschen Ansicht mit der oben durchgeführten zeigt doch, dass einige richtige Deutungen der Beobachtungen für seine Ansichten zu Grunde lagen, wie dies so häufig mit als veraltet angesehenen Anschauungen der Fall ist. Auch in vielen anderen Hinsichten erinnert die oben durchgeführte Anschauung an alte, jetzt verlassene Hypothesen, welche auf teilweise richtige Beobachtungen gegründet waren.

(Eingegangen 10. Oktober 1900.)

Eine einfache Geberanordnung für Demonstrationen zur Funkentelegraphie.

Von W. Biegon von Czudnochowski.

Seit geraumer Zeit bediene ich mich bei Versuchen über Funkentelegraphie einer sehr einfachen Senderanordnung unter Verwendung von Leydener Flaschen, welche sich als sehr wirksam erwiesen hat. Ich bin zu derselben geführt worden einmal dadurch, dass mir kein sog. Righischer Radiator zur Verfügung stand, andrerseits weil ein solcher doch nur ziemlich kurze Wellen giebt [1]), und die Energie der Strahlung mit Vergrösserung der Wellenlänge bedeutend zunimmt [2]).

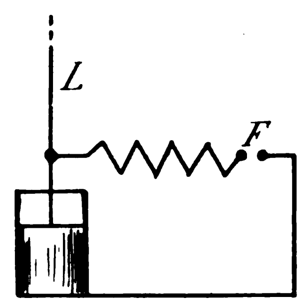


Fig. 1.

Vor kurzem hat nun Herr Prof. Braun (Strassburg) eine neue Geberanordnung veröffentlicht [3]) und mit derselben Versuche auf grössere Entfernung angestellt (Cuxhafen-Helgoland), welche mit der meinigen verwandt ist. Braun verwendet in Reihe geschaltete Kondensatoren von gleicher Kapazität und gleicher Schwingungsdauer [4]); auch kommen Induktionsspulen zur Anwendung. Für die gute Wirkung ist es von wesentlichem Vorteil, wenn die Belegungen der Kondensatoren sich umschliessen, um Verluste durch Streuung oder Reflexion thunlichst zu vermeiden [5]), wozu

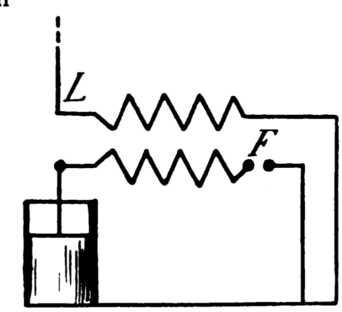


Fig. 2.

1) A. Righi. Die Optik der elektrischen Schwingungen. Leipzig 1898. O. R. Reisland. S. 29.
2) P. Lebedew, Wied. Ann. 56, 9, 1895.
3) D. R. P. No. 109378.
4) Elektrotechn. Rundschau. XVII (1899—1900) S. 203.
5) Ebenda. S. 202.

Leydener Flaschen am einfachsten verwendbar sind, und sind dafür folgende vier Schaltungen angegeben[1]): Figur 1—4. In den Figuren bezeichnet L den Luftdraht, F die Funkenstrecke; in Fig. 1 und 3 ist der Luftdraht direkt mit dem Kondensator verbunden, in

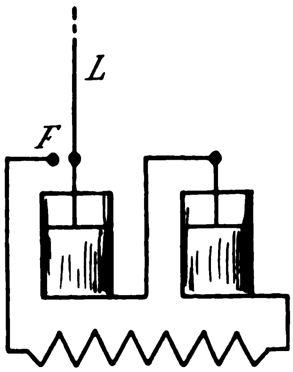


Fig. 3.

Fig. 2 und 4 dagegen werden in ihm die Wellen durch Induktion erregt. Fig. 3 und 4 zeigen die Verwendung zweier Leydener Flaschen in sog. Kaskadenschaltung.

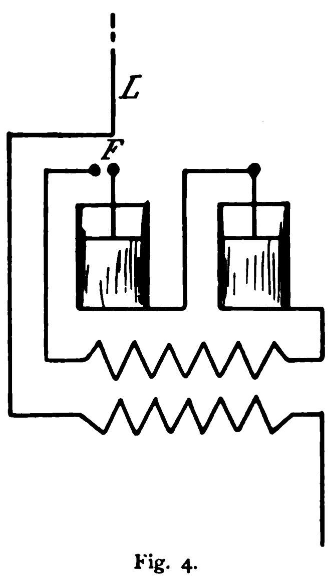


Fig. 4.

Für meine Zwecke kam es darauf an, eine möglichst einfache Anordnung zu finden, welche noch bei verhältnismässig geringem Energieaufwand gute und sichere Wirkungen ergiebt. Um dies zu erreichen, ist es notwendig, erstens nicht zu kurze Wellen zu erzeugen, zweitens dafür zu sorgen, dass dieselben möglichst rein auftreten, und dass geringe Dämpfung vorhanden ist[2]). Um diesen Anforderungen zu genügen, habe ich den eigentlichen Erreger vollkommen symmetrisch gestaltet, ferner den die Wellen in den Raum hinaussendenden Luftdraht ohne jede leitende Verbindung mit dem Erreger angebracht. Die ganze Schaltung ist in Fig. 5 gezeichnet. Die beiden Polkugeln einer Funkenstrecke F sind einerseits durch zwei gleichlange Drähte d_1 d_2 mit den äusseren Belegungen zweier isoliert aufgestellter Leydener Flaschen L_1 und L_2 verbunden, andrerseits durch zwei andere Drähte d_3 d_4 mit der Sekundärspule eines Induktoriums. Von dem inneren Belege der einen

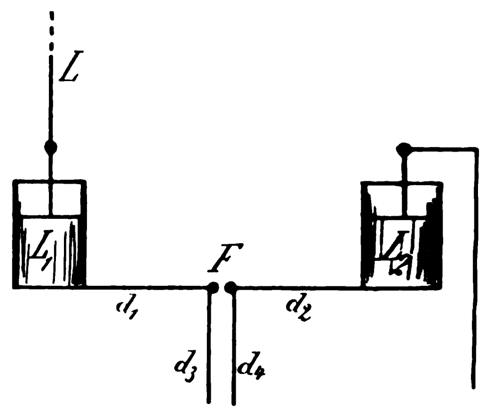


Fig. 5.

Flasche geht der Luftdraht L aus, die innere Belegung der anderen ist zur Erde abgeleitet, doch kann diese Erdleitung auch fehlen, ohne das Gelingen der Versuche sonderlich zu beeinträchtigen. Fig. 6 giebt eine vollständige Ansicht der gesamten Versuchsanordnung.

Die Anwendung von Leydener Flaschen in der beschriebenen Schaltung zur Erregung von elektrischen Wellen in Drähten ist nicht ganz

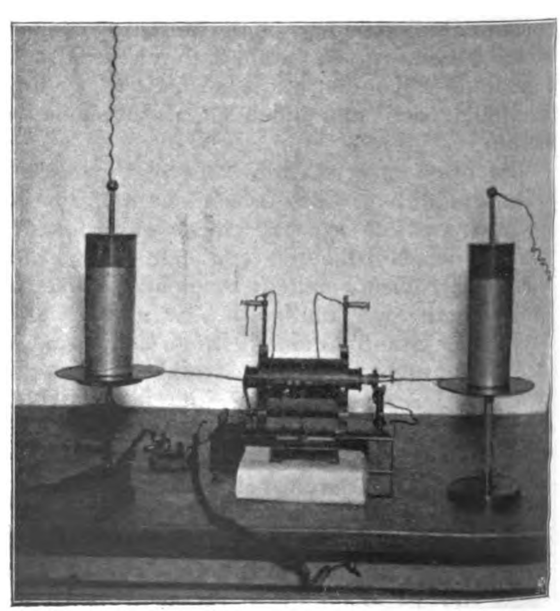


Fig. 6.

1) Elektrotechn. Rundschau. XVII, 202, (1899—1900).
2) S. Hertz, Ausbreitung der elektrischen Kraft. Leipzig, J. A. Barth 1892, S. 54 Anm. 1, sowie S. 55 und folgende; V. Bjerknes, Wied. Ann. 44, 1891.

neu [1]), man hat sie auch namentlich für die Erzeugung von Hochfrequenzströmen nach Tesla benutzt [2]); doch ist mir eine Anwendung für die Funkentelegraphie bisher nicht bekannt geworden. Statt der Leydener Flaschen kann man auch den Hertzschen Plattenerreger, wie er zur Erregung der Wellen im Lecherschen Drahtsystem verwendet wird, gebrauchen [3]), oder passende Glaskondensatoren [4]). Die Wirkung ist allerdings bei Benutzung des Plattenerregers ceteris paribus etwas schwächer als bei der vorher beschriebenen Anordnung. Zur Verwendung gelangten bei meinen Versuchen zwei Leydener Flaschen von je 26 cm Höhe des Glases, 20 cm Höhe der Belegung, 11 cm äusserem Durchmesser und 3 mm Glasdicke, oder zwei Paare Weissblechplatten von 25×25 cm Oberfläche und 5 cm Plattenabstand bei 50 cm seitlichem Abstand der Plattenpaare voneinander. Die übrigen in Betracht kommenden Maasse waren:

Länge des Senderdrahtes: $l_g =$ 5500 mm.
Länge des Empfängerdrahtes: $l_e =$ 10000 mm.
Durchmesser der Polkugeln: $d_p =$ 10 mm. (Zink)
Länge der Funkenstrecke: $F =$ 2—10 mm.
Länge der Verbindungsdrähte $d_1 + d_2$: $l' =$ 800 bezw. 1000 mm.

Der Geber stand im Zimmer, der Luftdraht L ging frei durch das offene Fenster und in ca. 50 cm Abstand von der Mauer senkrecht in die Höhe; der Empfänger befand sich im Freien.

Es liessen sich bei Verwendung eines einfachen Fritters (von Keiser und Schmidt) in Verbindung mit dem von mir beschriebenen einfachen Relais [5]) vollkommen sichere Wirkungen erzielen bei 40—50 m Abstand, trotzdem sich belaubte Bäume sowie hohe Turngerüste zwischen Sender und Empfänger befanden, selbst als das Induktorium (mit Deprez-unterbrecher versehen) mit nur 4 Volt gespeist wurde, wobei es zwischen Spitze und Platte höchstens 4 cm Funkenlänge gab; bei stärkerer Leistung vergrössert man zweckmässig die Funkenstrecke entsprechend.

Es ist zu bemerken, dass die Apparate nicht besonders aufeinander abgestimmt waren, sondern nur für ihr gutes Arbeiten im einzelnen Sorge getragen und das Relais möglichst empfindlich eingestellt war. Die Versuchsergebnisse waren derart, dass man den Eindruck gewann, noch nicht an der Grenze der Wirksamkeit der verwendeten Apparate angelangt zu sein.

Berlin, den 1. November 1900.

(Eingegangen 3. November 1900.)

1) O. Lodge, The work of Hertz and his successors. New ed. S. 36

2) Himstedt, Wied. Ann. 52, 473, 1894.

3) H. Hertz, l. c. S. 200.

4) Töpler, Wied. Ann. 46, 464, 1892.

5) Diese Zeitschr. II, S. 3, 1900.

Zur Dynamik der Serienschwingungen eines Linienspektrums.

Von Eduard Riecke.

In der ersten Nummer des ersten Jahrganges dieser Zeitschrift habe ich ein System zweier partieller Differentialgleichungen angegeben, dessen Lösung auf Schwingungen von der Art der Serienschwingungen eines Linienspektrums führt.[1]) Diese Gleichungen hatten einen kinematischen Charakter, denn es fehlte in denselben das die Beschleunigung enthaltende Glied. Man kann nun die Gleichungen leicht durch ein solches Glied ergänzen, so dass sie den Charakter wirklicher mechanischer Differentialgleichungen erhalten. Allerdings besteht zwischen den früheren Gleichungen und jenen erweiterten ein nicht unwesentlicher Unterschied. Für die Schwingungszahlen der Partialschwingungen ergaben die früheren Gleichungen ganz direkt die Kayser-Rungesche Formel:

$$p = a - \frac{b}{n^2} - \frac{c}{n^4}.$$

Bei den neuen Gleichungen besitzt diese Formel nur eine angenäherte Gültigkeit; sie ist das Produkt einer Reihenentwickelung und setzt voraus, dass der Faktor der Beschleunigung in den Differentialgleichungen gewissen anderen Grössen gegenüber sehr klein sei.

Die neuen Gleichungen lauten:

$$\text{I)}\quad \begin{aligned} &\frac{1}{2\pi}\cdot\varrho\frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} + 2\pi a\frac{\partial^4 u_1}{\partial\varphi^4} + 2\pi b\frac{\partial^2 u_1}{\partial\varphi^2} - 2\pi c\, u_1 + \frac{\partial^5 u_2}{\partial\varphi^4\, dt} = 0,\\ &\frac{1}{2\pi}\varrho\frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} + 2\pi a\frac{\partial^4 u_2}{\partial\varphi^4} + 2\pi b\frac{\partial^2 u_2}{\partial\varphi^2} - 2\pi c\, u_2 - \frac{\partial^5 u_1}{\partial\varphi^4\partial t} = 0. \end{aligned}$$

Wir lösen diese Gleichungen wieder durch die Ansätze:

$$\text{II)}\quad \begin{aligned} u_1 &= \sum_n \cdot A_n \sin n\varphi \sin 2\pi p t,\\ u_2 &= \sum_n \cdot A_n \sin n\varphi \cos 2\pi p t. \end{aligned}$$

Zwischen der Schwingungszahl p und der Zahl n muss dann die Beziehung bestehen:

1) Siehe auch Ann. d. Phys. 1, 399, 1900.

$$p\, n^4 + p^2\, \varrho = a\, n^4 - b\, n^2 - c.$$

oder:

$$\text{III)} \qquad p\left(1 + \frac{p\,\varrho}{n^4}\right) = a - \frac{b}{n^2} - \frac{c}{n^4}.$$

Nun nehmen wir an, dass ϱ gegen $\frac{n^4}{p}$ sehr klein sei; wir können dann in der Klammer p durch seinen Grenzwert a ersetzen und erhalten:

$$\text{IV)} \qquad p = a - \frac{b}{n^2} - \frac{c + a^2\,\varrho}{n^4}.$$

Wir erhalten also für die Schwingungszahl p wieder die Formel von Kayser und Runge.

Die Parameter u_1 und u_2 habe ich früher als Verschiebungen gedeutet, welche die Punkte eines geschlossenen, kreisförmigen Ringes in zwei zu einander senkrechten Richtungen erleiden. Von diesem Gesichtspunkte aus würden nun die mit den Koeffizienten a, b, c behafteten Glieder unserer Gleichungen eine einfache mechanische Deutung zulassen.

Die Glieder $2\pi\, a \frac{\partial^4 u_1}{\partial \varphi^4}$ und $2\pi\, a \frac{\partial^4 u_2}{\partial \varphi^4}$ würden einer durch die Biegung des Ringes erzeugten elastischen Reaktion entsprechen.

Die Glieder $2\pi\, b \frac{\partial^2 u_1}{\partial \varphi_2}$ und $2\pi\, b \frac{\partial^2 u_2}{\partial \varphi^2}$ würden aus einer in dem Ringe wirksamen Longitudinalspannung abzuleiten sein.

Ist die Konstante c positiv, so sagen die Glieder $-2\pi\, c\, u_1$ und $-2\pi\, c\, u_2$ aus, dass auf die Teilchen des Ringes Abstossungskräfte wirken, welche von den Ruhelagen der Teilchen auszugehen scheinen.

Dagegen fehlt für die Glieder $\frac{\partial^5 u_2}{\partial \varphi^4 \partial t}$ und $-\frac{\partial^5 u_1}{\partial \varphi^4 \partial t}$ vorläufig eine unmittelbar anschauliche Deutung. Differentialquotienten von der Form $\frac{\partial^5}{\partial \varphi^4 \partial t}$ kommen in der Theorie der Reibung vor. Andererseits besitzen die Glieder vermöge des Wechsels im Vorzeichen und durch das Auftreten erster Differentialquotienten nach der Zeit eine gewisse Analogie mit den Termen, durch welche in der molekularen Theorie des direkten Zeeman-Effektes die gewöhnlichen Schwingungsgleichungen erweitert werden. Eine ausführlichere Mitteilung behalte ich mir für die Annalen der Physik vor.

(Eingegangen 5. November 1900.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Der heutige Stand der Theorie des Erdmagnetismus.

Von A. Nippoldt.

Es ist für die Arbeitsweise von Gauss charakteristisch, dass er keine Untersuchung eher veröffentlichte, als bis sie in sich gänzlich abgeschlossen war und auf einer Höhe der Durchbildung stand, die bei den vorhandenen Mitteln seiner Zeit und dem gegebenen Materiale nur irgend erreichbar war. War aber irgendwo eine schwache Stelle, so versäumte er nicht, bei jeder Gelegenheit auf diese Lücke hinzuweisen. Daher schreibt sich der klassische Wert seiner Werke, und es ist begreiflich, dass für eine lange Reihe von Jahren das Bestreben der Nachwelt ganz hauptsächlich darauf gerichtet war, jene Lücken auszufüllen; erst verhältnismässig spät ging man daran, seine Methoden auszubilden. Auf dem Gebiete des Erdmagnetismus ist dies ganz besonders spät eingetreten — erst etwa Ende der achtziger Jahre — dafür aber mit einer Energie, Vielseitigkeit und Einheitlichkeit, wie wohl in keinem anderen Gebiete der Geophysik. Diese Thätigkeit hat eine grosse Anzahl neuer Ideen und Gesichtspunkte erschlossen, und dabei hat sich gezeigt, dass die Erscheinungen des Erdmagnetismus bei weitem enger mit denen der Meteorologie und der Luftelektrizität zusammenhängen, als man das ursprünglich vermutete. Diese Erkenntnis ist jedoch noch sehr jungen Datums, weist aber der zukünftigen Forschung ganz andere Wege an, als die, die sie bisher einschlug. Die Beantwortung der neu aufgetauchten Fragen liegt mehr auf dem Gebiete der Elektrizitätlehre und der Physik der Atmosphäre als auf dem des reinen Magnetismus. Die Eigenheit des Stoffes erfordert daneben die Schaffung neuer, kritischer Berechnungsmethoden oder die kritische Anwendung der vorhandenen. Dadurch wird der Kreis der am Erdmagnetismus Interessierten ein grösserer werden. Es dürfte daher gerade jetzt von Interesse sein, einen Überblick über die Entwicklung der Theorie vom Erdmagnetismus zu bieten, wo ein gewisser Abschluss erreicht ist. Dies der Zweck der folgenden Zeilen. —

Gauss' Theorie des Erdmagnetismus ist unter seinen Arbeiten eine der am meisten in sich geschlossenen und abgerundeten. Dies ist sie auch in Bezug auf das Material, auf das sie sich stützt; es umfasst fast alle damals vorhandenen

Beobachtungen. Dass die geringe Zahl und die Ungenauigkeit dieser Messungen eine genaue Darstellung der magnetischen Verhältnisse der Erde durch die Koeffizienten, welche Gauss berechnete, nicht gestatten, das ist in diesem Falle der wunde Punkt, auf den Gauss selbst immer und immer wieder hindeutet. Und so ist dies denn der Weg geworden, auf welchem die Arbeit seiner Nachfolger fortschritt: man schuf neues Material, bessere Beobachtungsmethoden (wobei Gauss, Weber und Lamont den Hauptanteil übrigens selbst thaten) und führte die Gaussischen Rechnungen aufs neue durch. Namentlich, nachdem in den ersten Jahrzehnten nach dem Erscheinen der Gaussischen Theorie die Beobachtungen an Zahl bedeutend grösser und an Zuverlässigkeit reicher geworden waren, galt immer als Endziel aller Forschung das, Konstanten berechnen zu können, die die Verteilung des Magnetismus der Erde besser wiedergeben, als die alten Gaussischen. Da die ersten Neuberechnungen auf Grund des so erweiterten Materials zu wesentlichen Fortschritten in der Genauigkeit nicht führten, setzte man die Bestrebungen in der gleichen Richtung — Vermehrung der Beobachtungen und Verbesserung der Messungsmethoden — fort, immer in der Hoffnung, die Abweichungen gegen die Wirklichkeit einst so klein zu erhalten, dass Gauss' Bedenken gegen das Material gehoben werden könnten. So entstanden schliesslich als Abschluss dieser Bestrebungen die von Neumayer berechneten Karten des Erdmagnetismus, wie sie in Berghaus Physikalischem Atlas veröffentlicht sind.

Die Berechnung selbst und alle vorhergehenden benutzten, wie Gauss, 24 Glieder und nahmen die Erde als kugelförmig an. 1897 veröffentlichte nun Fritsche die Resultate einer umfassenden Neuberechnung, in der er untersuchte, wieviel Glieder der Reihe überhaupt zu verwenden sind, damit die Genauigkeit der Darstellung ein Maximum wird. Indem er die Rechnung auf 63 Konstanten ausdehnte, konnte er zeigen, dass in diesem Falle die Übereinstimmung nicht besser wurde, als bei Verwendung von nur 48 Koeffizienten, dass diese aber genauere Darstellungen lieferten als 24 Glieder, mithin 48 notwendig und hinreichend sind.

Eine neue Epoche in der Theorie des Erdmagnetismus beginnt mit den Untersuchungen Ad. Schmidts. Er arbeitete Gauss' Methode nicht nur für eine elliptische Erde um, sondern nahm auch die Tradition der Gaussischen Theorie an einem ganz anderen Punkte auf, als seine Vorgänger, indem er nicht in der rechnerischen Darstellung der Beobachtungen das Ziel und Ende der Gaussischen Theorie erblickte, sondern in der Verwertung der rechnerischen Resultate zur Lösung der von Gauss angeregten oder neu entstandener Fragen über die Grundlagen der Theorie und das Wesen des Erdmagnetismus. Dies führt zur Theorie des sogenannten „konstanten Magnetismus der Erde", worunter man jenen Anteil versteht, der nur säkularen Änderungen unterworfen ist. Damit ward das Centrum der Forschung gänzlich verschoben und zwar im Sinne von Gauss, denn ihm war nicht sowohl die Darstellung der Beobachtungen durch Konstanten der Hauptzweck, als vielmehr die Darstellung des magnetischen Zustandes der Erde unter der Annahme eines Potentiales.

Auch ausserhalb des Kreises der engeren Fachgenossen ist es bekannt, dass Gauss aus den geographischen Koordinaten dreier und den magnetischen Elementen an zwei dieser Orte den magnetischen Zustand am dritten Orte berechnete. Allein es war in Vergessenheit geraten, dass diese Rechnung nur eine Beispielsrechnung für einen wesentlichen und wichtigen Satz war. Gauss hatte nachgewiesen, dass das Intregral $\int H \cos \Theta \, ds$ über eine beliebige geschlossene Kurve auf der Erdoberfläche erstreckt Null ist, wenn die Erde ein Potential besitzt. Diesen Satz wendete er auf ein Polygon aus grössten Kreisen an und spezialisierte ihn für die genannte Beispielsrechnung auf ein Dreieck. Die eigentliche Bedeutung des Satzes liegt aber nicht sowohl in dieser Anwendung, sondern darin, dass er die Grundlage der Theorie untersucht, ob die Erde überhaupt ein Potential besitzt, oder ob ihr Magnetismus zum Teil Kräften zuzuschreiben wäre, die kein Potential haben. Schmidt betrachtet als solche namentlich elektrische Ströme, welche die Fläche der geschlossenen Kurve senkrecht durchsetzen. Für einen solchen Fall ist

$$\int H \cos \Theta \, ds = 4 \pi J,$$

wo J die resultierende Stromstärke aller die Fläche durchsetzender Ströme ist. Schmidt berechnete anfänglich, dass etwa $1/10$ der Gesamtintensität des Erdmagnetismus von solchen Strömen herstammen kann. Es sei hier vorweg bemerkt, dass man für unsere Gegenden eine Stromstärke von 0.091 Amp. auf den Quadratkilometer berechnet hat. Gleichzeitig mit Schmidt und zugleich unabhängig von ihm erkannten auch A. W. Rücker, Carlheim-Gyllensköld und Bezold die eigentliche Bedeutung dieses Kurvenintegrals aufs neue, dessen Untersuchung daher nun in den Vordergrund der Forschung trat.

Als eine solche auf der Erdoberfläche liegende geschlossene Kurve betrachtete v. Bezold zunächst einen beliebigen Breitenkreis. Gauss entwickelte die Y-Komponente der Horizontal-

kraft längst eines solchen Breitenkreises in die harmonische Reihe der Länge λ

$$Y = l + l' \cos\lambda + L' \sin\lambda + \dots$$

Die Bedingung, dass das Kurvenintegral $\int Y\,dy = 0$ ist, ist dann identisch mit der Bedingung, dass $l = 0$. Das Ergebnis ist, dass die l einzelner Breitenkreise von einander und von Null sehr verschieden sind. Das besagt also entweder, dass die Annahme eines Potentiales nicht zulässig ist, oder dass die Beobachungsfehler zu gross sind. Und in der That sind die Beobachtungen längs eines Parallelkreises so ungleich verteilt, dass die Genauigkeit der Rechnung nicht gross sein kann. Deshalb wählen Rücker, Carlheim-Gyllenskiöld und v. Bezold eine andere geschlossene Kurve und zwar ein geographisch orientiertes Trapez aus Längen- und Breitenkreisen in einem magnetisch gut vermessenen Gebiete. Sind λ_1, λ_2, φ_1, φ_2, die Koordinaten der Eckpunkte, X_1, X_2, Y_1, Y_2 die Werte der Komponenten in der Horizontalen, so wird

$$\int H \cos\Theta\, ds = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} X_1\, d\varphi + \cos\varphi_2 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} Y_2\, d\lambda - \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} X_2\, d\varphi - \cos\varphi_2 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} Y_1\, d\varphi.$$

Bei äquidistanten Beobachtungen lässt sich dies Integral leicht durch mechanische Quadratur berechnen. Bezold wählte ein Trapez, das Mitteleuropa umfasst und fand als Wert des Integrals auf den Erdradius reduziert: 0.00081 = 1 Proz. des Gesamtwertes, was einen ausserordentlich kleinen Wert vorstellt. In der Folge ist das Verfahren mehrmals angewendet worden; so namentlich von Liznar, der für das von ihm vermessene Österreich-Ungarn bei der Summation über die eine Breiten- und Längenseite des Trapezes den Wert 0.0271442, längs der anderen beiden Seiten den Wert 0.0271396, also den Unterschied 0.0000046 erhielt, oder 0.017% des Einzelwertes. Damit ist es äusserst unwahrscheinlich gemacht, dass der konstante Teil des Erdmagnetismus auch auf Kräfte ohne Potential zurückzuführen ist, also z. B vertikal-elektrische Ströme, wenigstens von der angegebenen Grössenordnung der Stromstärken.

Inzwischen ist die Frage jedoch nach den verschiedensten Seiten untersucht worden, was zu neuen Gesichtspunkten geführt hat. In erster Linie ist hier die Arbeit von L. A. Bauer zu nennen über die Verteilung der hypothetischen vertikal-elektrischen Ströme längs eines Meridians. Er berechnet den Wert der Integrale längs schmaler Streifen zwischen benachbarten Breitenkreisen und daraus die Intensität des hypothetischen Gesamtstromes. Er konnte vier Zonen so unterscheiden, dass in ihnen die Summe der Stromintensitäten, die in positiver und negativer Richtung die Erde durchsetzen, Null ist. Und zwar liegen diese Zonen so, dass Zone I von 90—65° n. Br., Zone II von 65 bis 20° n. Br., Zone III von 20° n. Br.,—57° s. Br. und Zone IV von 57—90° s. Br. sich erstreckt. Wie oben gezeigt, ist die Integration längs eines Parallels jedoch zu unsicher, um weitere Schlüsse auf diesen Zahlen aufzubauen, immerhin ist die Arbeit recht interessant, da elektrische Vertikalströme dennoch am magnetischen Zustand der Erde beteiligt sein können, wenn auch nicht im konstanten Teil.

Es ist klar, dass sich aus der Idee der vertikal-elektrischen Ströme Beziehungen ergeben mussten zur Luftelektrizität, und so findet man denn hier eine grosse zusammenfassende Arbeit von Trabert über Zusammenhang zwischen den Erscheinungen des Erdmagnetismus und den elektrischen Vorgängen in der Atmosphäre (Meteor. Ztschr. 1898, 401 bis 412), worin die verschiedenen Hypothesen über das Wesen der Luftelektrizität dahin untersucht werden, wie sie sich zu den Schmidtschen Strömen und der Bauerschen Verteilung längs eines Meridianes stellen. Es gelingt Trabert, auf Grund der Annahme mechanischen Elektrizitätstransportes quantitativ eine Stromstärke für den Quadratkilometer auszurechnen, die dem Schmidtschen Werte entspricht. Ferner schlugen Elster und Geitel Verfahren vor, zwecks Untersuchung der Vertikalströme gleichzeitige Messungen des Erdmagnetismus und der Luftelektrizität anzustellen und Lemström veröffentlicht im dritten Bande des finnischen Polarwerkes sogar i. J. 1882 gemessene Stromstärken von Strömen aus höheren Regionen nach der Erde. Zu diesem Zwecke verbindet er einen auf einem Berge aufgestellten Apparat mit mehreren Hunderten von Spitzen metallisch mit dem Thalboden und bekommt so der Spannungsdifferenz entsprechende Ströme. Allein es bleibt fraglich, ob auch ohne metallischen Leiter solche Ströme zu stande kämen.

Der bleibende Wert der Untersuchung des Gaussischen Kurvenintegrals ist also der, dass der magnetische Zustand der Erde nur Kräften zuzuschreiben ist, die ein Potential besitzen und dass man in dieser Integration ein Mittel hat, die Güte einer Landesvermessung zu prüfen.

(Fortsetzung folgt.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

W. Wien (Würzburg), Die Temperatur und Entropie der Strahlung. (Referat: Vgl. diese Ztschr. 1, 610, 1900.)

Diskussion (von den Beteiligten durchgesehen).

Pringsheim (Berlin): Ich möchte nur an den letzten Teil der Ausführungen Wiens anknüpfen, nämlich an die theoretischen Bemühungen für die spektrale Verteilung der Energie der schwarzen Strahlung eine Formel zu finden. Ich bin darin ganz mit Wien einverstanden, dass sowohl sein erster Versuch als auch der von Planck Hypothesen enthält, welche ihrer Natur nach so wenig an der Erfahrung geprüft werden können, dass man beide Herleitungen nicht als sichere Basis für die weitere Erörterung betrachten kann. Ich will anknüpfen an die Herleitung von Wien. Ich muss dabei eingehen auf einen Punkt, den er zwar hier nicht genannt hat, der aber in dem Pariser Referat steht. Wien führt nämlich das Maxwellsche Gesetz nicht wie Michelson hypothetisch ein, sondern er sucht seine Anwendung dadurch zu rechtfertigen, dass er sich einen schwarzen Körper konstruiert, bei welchem die Strahlung von Gasmolekülen ausgeht.

Diese Erörterung scheint Lummer und mir einen Fehlschluss zu enthalten. Wien denkt sich als schwarzen Körper einen Hohlraum, dessen Wände vollständig gleich temperiert sind, und verfährt dann so, als ob sie aus Gasen beständen, bei denen die Verteilung der Molekulargeschwindigkeiten dem Maxwellschen Gesetze folgt und dann zieht er den Schluss, dass die Resultate für den schwarzen Körper im allgemeinen gelten. Dabei begeht er den Fehler, dass er die Strahlung, die er für solches Gas ausrechnet, gleichsetzt der Strahlung eines schwarzen Körpers. Diese ist ja vollkommen unabhängig von der Natur der Wände, und aus irgend welchen Voraussetzungen über die Natur der Wände kann man keine Schlussfolgerungen über die Strahlung des schwarzen Körpers machen. Würde man z. B. die Wände aus Platin annehmen, dessen Strahlung man ziemlich gut kennt, so würde man dazu kommen, die Strahlung des schwarzen Körpers gleich der des Platins zu setzen, genau so, wie Herr Wien die Strahlung des schwarzen Körpers gleich der der Gase setzt. So bleiben die Wienschen Hypothesen ganz auf dem Standpunkt der Michelsonschen, sie beziehen sich auf eine schwarze Oberfläche, für die man eine physikalische Existenz sich gar nicht denken kann.

Nun sagt Wien, Michelson muss noch die Hypothese hinzunehmen, dass die Energie der Strahlung eine Funktion der Temperatur ist; diese Funktion setzt Michelson zunächst willkürlich an, und kommt dann zu einem Strahlungsgesetz. Wien thut stillschweigend dasselbe, indem er aus dem Maxwellschen Verteilungsgesetz den Faktor $t^{-3/2}$ weglässt.

Diese Bemerkungen sind von Lummer und und Jahnke in einer Abhandlung gemacht worden, die demnächst in den Annalen der Physik erscheinen wird. (Ist inzwischen erschienen. (Siehe Bd. 3, S. 283—297.) Lummer und Jahnke gehen von ähnlichen Voraussetzungen aus wie Michelson und Wien, nicht als ob sie diese Hypothesen für physikalisch begründet oder wahrscheinlich hielten, sondern weil dieser Weg zu einer allgemeinen Form der Spektralgleichung führt, welche die Wiensche, Thiesensche und Rayleighsche als spezielle Fälle enthält. Über diese will ich lieber im Anschluss an die experimentellen Resultate sprechen, weil es ja auf den Vergleich der Formel mit der Erfahrung in erster Linie ankommt.

Wien: Der erste Einwand Pringsheims besagt, das Maxwellsche Verteilungsgesetz ist nicht anwendbar, weil die Natur der Körper nicht bekannt ist. Darauf möchte ich bemerken, dass dies Gesetz ja erst durch den zweiten Hauptsatz hinein kommt. Nicht die Natur der Wände, sondern der zweite Hauptsatz wird dadurch hinein gebracht. Das Charakteristische der Wärmebewegung muss hineingebracht werden, weil es sonst überhaupt keinen Gleichgewichtszustand giebt. Und deshalb scheint es mir gerechtfertigt, die Strahlung proportional der Anzahl der Moleküle zu setzen.

In Bezug auf den zweiten Einwand, das Weglassen des Factors $t^{-3/2}$ betreffend, scheint mir, dass das Stefansche Gesetz die Abhängigkeit der Strahlung von der Temperatur hineinbringt.[1])

Aber gewiss, die Ableitungen der Strahlung enthalten viele Hypothesen, was ich durchaus nicht bestreite[2]).

(Eingegangen 20. Oktober 1900.)

1) Ich habe hierbei, wie mir nachträglich eingefallen ist, eine Verwechselung begangen. Das Stefansche Gesetz ist auch bei Behaltung des Faktors $t^{-3/2}$ erfüllt, nicht aber die thermodynamisch begründete Forderung, dass die Strahlung einer Wellenlänge mit zunehmender Temperatur nicht abnehmen darf.

2) Gegenüber diesen Ausführungen Wiens, welche mir beim Lesen ebenso unverständlich geblieben sind, wie sie mir beim Anhören in Aachen erschienen, möchte ich bemerken, dass Wien den von mir gemachten ersten Einwand nicht richtig wiedergiebt und auf beide Einwände nichts erwidert, was geeignet wäre, sie zu entkräften. Pringsheim.

REFERATE.

Instrumentenkunde.
Besorgt von Privatdozent Dr. **W. Kaufmann.**

Ferdinand Ernecke, Berlin. Preisliste über Röntgen-Apparate und -Instrumentarien.

Die 53 Seiten starke Broschüre kann jedem, der sich, sei es wissenschaftlich, sei es praktisch, mit Röntgenstrahlen beschäftigen will, als Ratgeber bei der Anschaffung der Apparate empfohlen werden. Der Beschreibung der einzelnen Apparatgruppen sind meist kurze Belehrungen über deren Anwendung beigefügt, die man im allgemeinen als sachlich richtig bezeichnen kann; nur scheint es dem Referenten mehr als bedenklich, wenn zum Laden von Akkumulatoren mit Hilfe einer Gleichstrom-Lichtleitung ein beigegebener Verbindungsstöpsel einfach in die Fassung einer herausgenommenen Glühlampe geschraubt werden soll; Durchschmelzen der nächsten Bleisicherung dürfte wohl im allgemeinen die Folge hiervon sein. Auch die von Dr. Kurt Müller-Erfurt geschriebene Einführung, welche in knapper und leicht verständlicher Form die Bedeutung der einzelnen Apparate bespricht, ist als korrekt und sachlich zu bezeichnen, wenn auch ein Satz wie: „....da das Arbeiten mit Induktoren ohne Angaben (der Betriebsspannung und Stromstärke) zu dem mit exakten Angaben in einem solchen Verhältnis steht, wie die Wahrscheinlichkeitsrechnung zur exakten Rechnung".... besser fortgeblieben wäre.

Unter den beschriebenen Apparaten befinden sich einige praktische Neuheiten, die hier kurz genannt seien:

1. Eine Röntgenröhre mit Wasserkühlung der Antikathode, bei der ein ständiger Durchfluss frischen Wassers stattfindet. Die Röhre ist namentlich für den Betrieb mit rapide arbeitenden Unterbrechern, z. B. Wehnelt- oder Turbinen-Unterbrecher, bestimmt, dürfte aber auch für wissenschaftliche Arbeiten, bei denen es auf grosse Konstanz ankommt, nützliche Dienste leisten. Ihr Preis beträgt etwa das Doppelte desjenigen gewöhnlicher Röhren.

2. Eine Röhre mit Regenerierung: Wenn die Röhre zu hart geworden, kann durch ein mittels einer Flamme weissglühend gemachtes Platinröhrchen Wasserstoff aus der Flamme durch Diffusion eingeführt werden. Auch diese Röhre dürfte zu wissenschaftlichen Arbeiten sehr zweckmässig sein.

3. Unter den Nebenapparaten befindet sich ein recht praktisches Messstativ nach Dr. B. Donath, mittels dessen sich z. B. rasch und sicher die Lage von Fremdkörpern im menschlichen Körper feststellen lässt. Den Schluss des Büchleins bilden Vorschläge zur Zusammenstellung von Röntgen-Instrumentarien in verschiedenen Grössen. W. K.

(Eingegangen 17. Oktober 1900.)

Einige thermische Eigenschaften von Quarz.

Schon seit längerer Zeit haben Quarzfäden eine weitgehende Verwendung in der Instrumentenkunde gefunden; ganz neuerlich ist man im stande, auch Röhren und Kügelchen aus geschmolzenem Quarz zu verfertigen. Wissenschaftliche Untersuchungen haben nun einige thermische Eigenschaften von geschmolzenem Quarz an den Tag gebracht, welche ihn für einige in Vorschlag gebrachte thermometrische Zwecke unbrauchbar zu machen scheinen. Zwar hat er, wie bekannt, einen sehr kleinen Ausdehnungskoeffizienten und bleibt auch bei sehr erhöhten Temperaturen so vollständig wie kein anderes Material unverändert, aber er hat, wie eine Untersuchung von Herrn P. Villard ergiebt (Comptes Rendus 130), die Eigenschaft, bei sehr hohen Temperaturen Wasserstoff hindurch zu lassen, was, wie bekannt, auch bei Platin der Fall ist. Wenn ein Quarzrohr in einer Bunsenschen Flamme auf eine Temperatur von ca. 1000° C. erwärmt wurde, so zeigte sich in einem mit ihm kommunizierenden Manometer ein allmählich wachsender Druck, der während eines Tages einige Centimeter Quecksilber betrug. Es stellte sich heraus, dass in dem Rohre Wasserstoff in ziemlich reinem Zustande vorhanden war. Ebenda finden wir eine Untersuchung von Herrn A. Dufour, nach welcher Quarzröhren, die ganz tadellos hergestellt sind, selbst sehr plötzliche Temperaturveränderungen (eine Zeit lang erwärmt und dann in kaltes Wasser hineingebracht) aushalten. K. Tsuruta.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 24. November 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Messungen der elektrischen Zerstreuung in der freien atmosphärischen Luft an geographisch weit voneinander entfernt liegenden Orten.

Von Julius Elster.

Im Laufe des verflossenen Sommers habe ich auf einer Urlaubsreise den elektrischen Zerstreuungskoeffizienten in der freien atmosphärischen Luft an zahlreichen geographisch weit voneinander entfernt liegenden Punkten bestimmt. Im folgenden möchte ich in aller Kürze über die Resultate dieser Messungen berichten. Ich muss vorausschicken, dass der Zweck meiner Reise kein wissenschaftlicher war, dass ich vielmehr nur gelegentlich Beobachtungen ausführte. Während des Frühjahrs unternahm ich Seefahrten auf dem Mittelmeere, im Sommer auf der Nordsee und im nördlichen Eismeere; auch grössere Abstecher in das Innere der betreffenden Länder, deren Küsten ich berührte, wurden gemacht, so z. B. von Tunis nach Biscra. Nach Norden fand ich Gelegenheit von Tromsö aus bis zum 80^0 n. Br. (bis dicht vor Cap Treurenberg auf Spitzbergen) vorzudringen. Auf der Reise vom Süden zum Norden bot sich bei Durchquerung der Alpen via Chiavenna-Maloja die Möglichkeit, in verschiedenen Meereshöhen zu beobachten.

Das von mir benutzte Instrument (Apparat II) wich von dem von Geitel[1]) und mir in den Alpen und in Wolfenbüttel verwandten (Apparat I) hinsichtlich seiner Konstruktion in einem Punkte ab. Es war nämlich auf Vorschlag des Herrn Quincke der Ebonitzapfen im Innern des Elektroskopes durch ein entsprechendes Stück Bernstein ersetzt und dadurch in der That andauernd eine vorzügliche Isolation erzielt. Die Zerstreuung im Innern des Elektroskopes bestimmte sich im Maximo zu 0,01 % pro Minute, ein Betrag, der gegen die sonstigen unvermeidlichen Fehler der Ablesung und Kalibrierung zu vernachlässigen ist. Doch wurde nie versäumt, nach Schluss oder vor Beginn der Beobachtungen das Elektroskop auf seine Isolationsfähigkeit zu prüfen. Die Austrocknung durch Natrium — die man überhaupt nur im Notfall verwenden soll — war nie erforderlich. Apparat II besass eine grössere Kapazität als Apparat I. Um die Angaben von II auf die des Apparates I zu reduzieren, waren dieselben durch 0,36 zu dividieren. Dadurch werden die im folgenden angegebenen Prozente mit den früher Terrestr. Magn. l. c. veröffentlichten unmittelbar vergleichbar.

Im ganzen wurden 390 Einzelmessungen vorgenommen; von diesen entfallen auf

Biscra	4
Algier	14
Capri	102
Lugano	49
Maloja	25
Tromsö	23
Spitzbergen . . .	58

Die noch übrigen 115 Beobachtungen verteilen sich über vereinzelte Punkte an den Küsten Siziliens, der Riviera, des kontinentalen Europas und der Westküste Norwegens.

Da der Betrag der Zerstreuung, wie früher nachgewiesen (Terr. Magn. l. c. S. 224) in erster Linie von der Lufttrübung abhängt und zwar in der Art, dass mit zunehmender Dunstbildung die Leitfähigkeit der Luft geringer wird, so bieten die an einem Orte bei möglichst durchsichtiger Luft beobachteten Maxima des Zerstreuungskoeffizienten das hauptsächlichste Interesse; im folgenden werde ich mich daher

1) J. Elster u. H. Geitel, Über die Existenz elektrischer Ionen in der Atmosphäre. Terrestrial Magnetism. IV, 213. Dez. 1899 und Über die Elektrizitätszerstreuung in der Luft. Ann. der Physik 2, 425. 1900. Der Apparat ist zuerst beschrieben: Phys. Ztschrft. 1, 11. 1899.

im wesentlichen auf die Angabe dieser beschränken.

Es liegt in der Natur der Sache, das dem von mir an den genannten Punkten gewonnenen Beobachtungsmateriale eine beträchtliche Unsicherheit anhaftet, da es sehr wohl möglich, ja bei der Kürze des Aufenthaltes an manchen Punkten sehr wahrscheinlich ist, dass die grössten für den betreffenden Ort möglichen Werte des Zerstreuungskoeffizienten nicht zur Beobachtung gelangten. Immerhin lassen sich aus dem Beobachtungsmateriale einige Schlüsse ziehen, die von Interesse sein dürften.

Zunächst fand ich das von Geitel und mir im Sommer 1899 in den Alpen gewonnene Resultat, dass nämlich die Elektrizitätszerstreuung mit wachsender Meereshöhe zunimmt, bestätigt. So waren die in Lugano (Seehöhe 280 m) am 17. VI. beobachteten Maxima des positiven und negativen Zerstreuungskoeffizienten:

$$a_+ = 3{,}33\ \%, \quad a_- = 2{,}17\ \%.$$

In dem Hochthal von Maloja (Seehöhe 1811 m), drei Tage später war dagegen:

$$a_+ = 8{,}33\ \%, \quad a_- = 9{,}44\ \%,$$

Werte von etwa derselben Grössenordnung, wie die früher von uns in der Umgebung von Zermatt beobachteten. Der höchste mir zugängliche südliche Punkt war die 2900 m hochgelegene Casa inglese unter dem Ätnagipfel.[1]) Die hier am 12. V. beobachteten Werte waren:

$$a_+ = 3{,}19, \quad a_- = 7{,}53,$$

Zahlen, die voraussichtlich zu klein bestimmt wurden, da des Windes wegen der Apparat an ganz geschützter Stelle, direkt an der Wand des noch etwa 2 m hoch im Schnee vergrabenen Observatoriums Aufstellung gefunden hatte. Immerhin zeigt sich die erhöhte Leitfähigkeit mit wachsender Meereshöhe für a_- mit hinreichender Deutlichkeit auch hier, denn Tage zuvor waren auf der Plattform des R. Osservatorio in Catania nur Werte im Betrage von 3,17 für a_+ und 4,42 für a_- gefunden worden.

Ferner ergab sich, ebenfalls in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen, dass der Quotient $\frac{a_-}{a_+} = q$, welcher das Verhältnis der Entladungsgeschwindigkeiten angiebt, an elektrisch exponiert gelegenen Punkten ganz beträchtliche Werte annehmen kann.

In Tabelle I sind die von mir auf derartigen Punkten angestellten Beobachtungen aufgeführt.

1) Die in so früher Jahreszeit wie Mai ziemlich umständliche Expedition auf den Ätna wurde mir durch das freundliche Entgegenkommen des Direktors des R. Osservatorio in Catania, des Herrn Prof. A. Riccò, wesentlich erleichtert, wofür ich meinen wärmsten Dank auch an dieser Stelle aussprechen möchte.

Tabelle I.

Unipolare Entladung auf Berggipfeln.

Datum	Name des Berges	Meereshöhe in Metern	a_+	a_-	$q = \frac{a_-}{a_+}$
1./V.	Monte Solaro auf Capri	585	0.47	6.94	14.8
13./IV.	Monte Salvatore bei Lugano	909	0.53	2.17	4.1
15./IV.	Monte Generoso bei Lugano	1704	0.22	3.33	15.1
22./VI.	Piz Languard bei Pontresina	3220	1.09	18.41	16.9

Auf dem Piz Languard entwich also eine dem Zerstreuungscylinder mitgeteilte negative Ladung etwa 17 mal so schnell als eine gleich grosse positive. In abgeschwächtem Masse ($q = 2$) fand sich dies unipolare Verhalten auch im Innern der den Languardgipfel krönenden Veranda, solange man der Aussenluft Zutritt gewährte.

Fasst man die Werte der Zerstreuungskoeffizienten ohne Rücksicht auf das Vorzeichen der erteilten Ladung ins Auge, so tritt eine deutliche Abhängigkeit von der geographischen Breite nicht hervor, wie aus Tabelle II ersichtlich ist.

So liegt das Maximum für die Zerstreuung der positiven Elektrizität nach vorstehender Tabelle auf Capri mit 6,47 Prozent, das für die negative auf Spitzbergen mit 10,2 Prozent. Dagegen ist auffallend springend der grosse Unterschied zwischen kontinentalem und ozeanischem Klima. Die Leitfähigkeit der Luft ergab sich in ersterem viel geringer als in letzterem. So hohe Werte, wie sie in Capri und auf Spitzbergen beobachtet wurden, finden sich anscheinend im Innern der Länder nicht. So ist z. B. für Wolfenbüttel der durchschnittliche Wert für a nur etwa 1,3 Prozent; Werte in der Höhe, wie die in der Tabelle für unsern Wohnort angegebene Maxima, gelangen nur selten zur Beobachtung.

Während so die Beträge der Zerstreuungskoeffizienten, solange man vom Vorzeichen der erteilten Ladung absieht, keine Unterschiede in ihrer Abhängigkeit von der geographischen Breite aufwiesen, trat ein polarverschiedener Charakter der Entladung und zwar im Meeresniveau um so deutlicher hervor, je weiter man nach Norden gelangte.

Die ganz vereinzelten Fälle unipolarer Leitfähigkeit, die an den Küsten des Mittelmeeres beobachtet wurden und bei welchen ebenfalls

Tabelle II.

Abhängigkeit des Zerstreuungskoeffizienten von der geographischen Breite. Beobachtete Maxima.

Ort	Biscra	Algier	Sicilien	Capri	Lugano	Blankenburg am Harz	Tromsö	Spitzbergen Südcap	Spitzbergen Adventbay	Spitzbergen Virgohafen	Spitzbergen Nordwestcap	Wolfenbüttel, von Geitel beobachtet
Nördliche Breite	35°	36°	37° 30′	40° 30′	46°	51° 50′	69° 38′	76° 21′	78° 21′	79° 50′	80°	52° 10′
Anzahl der Beobachtungen	4	14	11	102	49	16	23	58				410
Witterung	Wolkenlos	Wolkenlos	Wolkenlos	Aufheiterend	Wolkenlos	Wolkenlos	Bedeckt, doch kein Regen	Bedeckt, doch kein Regen	Bewölkt, doch oft Sonnenschein, später Regen	Wolkenlos	Bedeckt, doch kein Regen	Halbbedeckt
a_+	2,42	—	3,17	6,47	3,22	1,40	4,00	3,00	5,53	3,86	6,06	2,81
a_-	2,22	2,94	4,42	7,53	5,06	1,44	4,42	4,31	6,08	8,75	10,20	2.50

die negative Elektrizität schneller entwich als die positive, lassen sich mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine positive Ionisierung der Luft durch brandende Wogen zurückführen.[1]) An der Westküste Norwegens traten unipolare Erscheinungen schon häufiger auf, doch bildeten sie nicht die Regel. Dagegen wurden an den Küsten Spitzbergens, und zwar sowohl auf dem Meere wie an Land, durchgehends unipolare Werte beobachtet und zwar war im Mittel die Entladungsgeschwindigkeit für negative Elektrizität etwa doppelt so gross wie für positive. Dabei ergaben sich für a Werte, wie sie in Mittel-Europa nur im Hochgebirge beobachtet werden (8—10 Prozent). Auf Meeresbrandung in unmittelbarer Nähe ist dies auffällige Verhalten der arktischen Luft sicher nicht zurückzuführen, denn das Wasser lag zwischen dem Treibeis ohne jede Kräuselung, glatt wie ein Spiegel.

In Tabelle III sind einige charakteristische unipolare Beobachtungen aus dem nördlichen und mittleren Teile West-Spitzbergens zusammengestellt.

Bei No. 3 befand sich der Zerstreuungskörper etwa 1,5 Meter über dem Erdboden; bei No. 4 etwa ½ Meter, doch ragte das Riff etwa 8 Meter aus der Oberfläche des Meeres empor. Auf dem vollkommen ebenen Strande der Adventbay 78° 15′ setzte leider eintretender Regen den Beobachtungen bald ein Ziel. Aus den wenigen gewonnenen Werten ergiebt sich etwa

Tabelle III.

Unipolare Leitfähigkeit im Meeresniveau.

No.	Ort	Breite	a_+	a_-	$\frac{a_-}{a_+} = q$	Witterung
1	Icafjord (Meer)	78° 15′	1,45	3,28	2,26	Aufheiterend
2	Fahrt zum Virgohafen	78° 45′	1,75	3,72	2,12	Desgl.
3	Virgohafen (an Land)	79° 50′	3,86	9,31	2,41	Wolkenlos
4	Virgohafen, auf einem Riff i. Meere	79° 50′	1,54	3,70	2,40	f. Wolkenlos
5	Nordwestcap, Dampfer im Packeis verankert	80° 10′	0,65	2,36	3,63	Bedeckt

$q = 3{,}2$. Auch hier befand sich der Zerstreuungscylinder nur 1½ Meter über dem Erdboden und in einer Entfernung von ca. 300 Metern von dem (nicht brandenden) Meere.

Da die Möglichkeit vorhanden war, dass gerade, wie auf elektrisch exponierten Punkten, das unipolare Verhalten durch abnorm hohe Werte der Luftelektrizität bedingt werde, so wurde nicht verabsäumt, parallellaufend mit den Zerstreuungsmessungen mit Hilfe der transportabeln Exnerschen Apparate das Potentialgefälle zu bestimmen. Dasselbe wurde durchgehends positiv gefunden. doch lagen die Werte nur zwischen 30 und 100 $\frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$. Der Grund für die unipolare Leitfähigkeit der arktischen Luft

1) Zerspritzendes Salzwasser ionisiert nach Lenards Versuchen die umgebende Luft positiv. In der Nähe brandender Wogen ist daher eine erhöhte Leitfähigkeit der Luft für negative Elektrizität wohl zu erwarten.

liegt also in äusseren elektrischen Kräften sicher nicht.

Auch Herr Paulsen[1]) beobachtete in Island während eines achtmonatlichen Aufenthaltes daselbst in einer Höhe von etwa 50 m über dem Meere meist polarverschiedene Werte, und zwar war wie in Spitzbergen stets a_- grösser als a_+. Die von ihm mitgeteilten Prozente für die Zerstreuungskoeffizienten liegen, auf etwa gleiches Mass reduziert, innerhalb der Werte, die ich durchschnittlich in Tromsö fand.

Da nach den mitgeteilten Beobachtungen die unipolare Leitfähigkeit der arktischen Luft weder auf nahe Meeresbrandung, noch auf abnorm hohes Potentialgefälle zurückgeführt werden kann, so sind die beobachteten Erscheinungen vielleicht durch eine verschiedene Wanderungsgeschwindigkeit positiver und negativer Ionen zu erklären, die um so deutlicher zu Tage treten wird, je freier von Staub und Dunst die Luft am Beobachtungsorte ist. Doch darf man nicht vergessen, dass bislang nur Bestimmungen aus Küstengebieten vorliegen, und dass die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass die Unipolarität der Entladung verschwindet, wenn man sich in das Innere arktischer Länder hinein begiebt.

Schon in unserer ersten, die Ionenleitung der freien atmosphärischen Luft betreffenden Arbeit haben Geitel und ich betont[2]), dass jede sichtbare Trübung der Luft eine sofortige Abnahme des Zerstreuungskoeffizienten bewirkt. Auch aus dem in Wolfenbüttel gesammelten Materiale geht hervor, dass die Werte der a stark zurückgehen mit dem Anwachsen der relativen Feuchtigkeit. Wir erklärten dies daraus, dass, wenn die Luft ihrem Kondensationspunkte nahe kommt, bereits eine grössere Anzahl von Ionen festgelegt und in ihrer freien Beweglichkeit gehemmt wird, ohne dass dabei eine für das Auge sichtbare Lufttrübung entsteht.

Bei den auf dem Dampfer im nördlichen Eismeere angestellten Beobachtungen trat die Abnahme des Zerstreuungskoeffizienten mit zunehmender Luftfeuchtigkeit ohne jede sichtbare Dunstbildung an einigen Tagen ganz auffällig hervor.

In Tabelle IV sind einige Beobachtungen dieser Art zusammengestellt.

Tabelle IV

Abhängigkeit der a von der relativen Feuchtigkeit.

Datum	Relat. Feucht.	a_+	Bemerkungen
6/VIII.	76%	3,42	Fast wolkenlos, etwas Wind
	81%	1,84	
	100%	1,24	
Datum	**% F.**	a_+	**Bemerkungen**
7/VIII.	71%	6,06	Bedeckt, doch kein Regen. Zuweilen lebhafter Wind
	100%	3,50	
	100%	2,32	
	% F.	a_-	
7/VIII.	85%	4,92	Desgl.
	95%	2,65	
9/VIII.	76%	6,15	Bedeckt, später Regen
	81%	4,81	

Meine Absicht, auch auf einem höheren Berge Spitzbergens oder Norwegens die elektrische Zerstreuung zu bestimmen, wurde leider immer durch ungünstige Witterungsverhältnisse vereitelt.

Wolfenbüttel im November 1900.

(Eingegangen 12. November 1900.)

1) A. Paulsen, L'Aurore Polaire d'après les Travaux de la Mission Danoise en Islande, Paris, Gauthier-Villars 1900.

2) Terr. Magn. l. c., S. 224. Ann. der Physik, l. c., S. 432.

Über die Elektrizitätszerstreuung in abgeschlossenen Luftmengen.

Von Hans Geitel.

Die Elektrizitätszerstreuung in der freien Luft zeigt, wie Elster und ich nachgewiesen zu haben glauben, Eigentümlichkeiten, die darauf schliessen lassen, dass sie, wie die übrigen bekannten Fälle von elektrischer Leitung in Gasen, auf dem Vorhandensein elektrischer Ionen beruht.

Solange die dem Versuche unterworfene Luft mit der Atmosphäre zusammenhängt, könnte man daran denken, den Ursprung jener Ionen aus dieser herzuleiten.

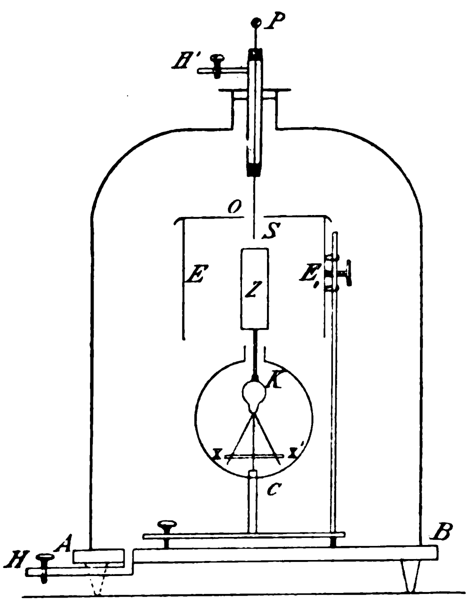
Es ist daher das Verhalten der Zerstreuung in abgeschlossenen Luftmengen von besonderem Interesse, da hier eine Einwanderung der Ionen von aussen her unmöglich ist. Besitzt die Luft nicht die Fähigkeit, die durch Übertragung elektrischer Ladungen verbrauchten Ionen von selbst zu ersetzen, so müsste in begrenzten Räumen durch den Prozess der Elektrizitätszerstreuung selbst eine Abnahme der Leitfähigkeit herbeigeführt werden.

Die bekannten Versuche über Elektrizitätszerstreuung innerhalb abgesperrter Gasvolumina, die insbesondere von Coulomb, Matteucci, Warburg angestellt sind, geben keinerlei Veranlassung, eine solche Abnahme für wahrscheinlich zu halten. Darf man nun annehmen, dass auch in diesem Falle der Elektrizitätstransport durch Ionen geschieht, so müsste die atmosphärische Luft (und andere Gase) bei bestimmten Druck- und Temperaturverhältnissen in der That die Eigenschaft haben, ihr Leitungsvermögen

konstant zu erhalten, d. h. eine gewisse Menge **freier Ionen** in der Volumeinheit zu **regenerieren.** Die Wichtigkeit dieser Folgerung hat die **Versuche** veranlasst, über die kurz berichtet **werden** soll.

Der in dieser Zeitschrift unlängst beschriebene Apparat[1]) ermöglicht es, Messungen der Elektrizitätszerstreuung in abgeschlossenen Luftmassen mit Sicherheit auszuführen, seine Anwendung zeigt die Figur, in der die gesamte Vorrichtung im senkrechten Durchschnitte dargestellt ist.

Auf einer eben geschliffenen Eisenplatte *AB* steht das Exnersche Elektroskop, bei dem in der früher beschriebenen Art die Trennungsplatte der Aluminiumblättchen unten bei *C* in eine



Bernsteinfassung eingefügt ist. Oben trägt sie die kleine Kugel *K*, in deren konische Bohrung der Stiel des cylindrischen Körpers *Z* eingesetzt wird, von dem aus die Zerstreuung erfolgen soll. Dieser ist rings von dem an dem Stative des Elektroskops befestigten Schutzcylinder *EE'* umgeben, der unten offen, oben durch einen Deckel mit kleiner centraler Öffnung *O* verschlossen ist. Das Ganze steht unter einer Glasglocke von 45 cm Höhe und 30 cm innerem Durchmesser mit abgeschliffenem Rande, die luftdicht auf dem mit Vaseline bestrichenen Eisenteller aufsitzt. Durch den oberen, ebenfalls luftdicht verschlossenen Tubus der Glocke ragt eine in einer Stopfbüchse vertikal verschiebbare isolierte Sonde *S*. Sie kann bis zur Berührung mit der oberen Grenzfläche des Zerstreuungscylinders *Z* herabgesenkt und nach erfolgter Ladung des letzteren bis über die Öffnung *O* zurückgezogen werden. Bei *H* und *H'* sind Röhren mit Hahnverschlüssen zum Einlassen und Absaugen von Luft angebracht. Die eiserne Grundplatte und dadurch auch das Gehäuse des Elektroskops sowie der Schutzcylinder sind mit der Erde leitend verbunden.

Zur Ausführung einer Zerstreuungsmessung im Innern der Glocke senkt man die Sonde *S* bis zum Kontakt mit dem Cylinder *Z* hinab, ladet diesen durch Anlegen einer Trockensäule bei *P* bis auf ein bestimmtes Potential, zieht dann die Sonde bis über *O* zurück und leitet auch sie zur Erde ab. Die Abnahme der Ladung des Elektroskops in einer bestimmten Zeit (es wurden stets 15 Minuten gewählt) wird an der Skala *XX'* beobachtet und vermittelst der Aichungstabelle des Instruments berechnet.

Der Elektrizitätsverlust im Gehäuse des Elektroskops, einschliesslich des durch die nicht absolute Isolation des Bernsteins bewirkten, wird (in der l. c. beschriebenen Weise) von Zeit zu Zeit bestimmt, indem man nach Abheben der Glocke den Zerstreuungskörper *Z* entfernt und den Blättchen des Elektroskops allein mit ihrem Träger eine Ladung erteilt. Die alsdann in 15 Minuten erfolgende Abnahme der Spannung erwies sich stets so gering, dass die daraus abzuleitende Korrektion des Betrages der Zerstreuung die Fehlergrenze nicht überschritt.

Nimmt man mit Coulomb an, dass der in der Zeiteinheit durch die Zerstreuung bewirkte Elektrizitätsverlust der augenblicklichen Dichtigkeit proportional sei, so ergiebt sich bekanntlich der sogenannte Zerstreuungskoeffizient *a* durch die Formel:

$$a = \frac{1}{t}(\log V_0 - \log V),$$

in der V_0 und V die zu Anfang und Schluss der Beobachtungszeit t gemessenen Potentialwerte des Versuchskörpers bedeuten. Der Zerstreuungskoeffizient giebt demnach an, welcher Bruchteil der auf dem Körper enthaltenen Elektrizitätsmenge in der Zeiteinheit entweichen würde, wenn man die Ladung in dieser Zeit konstant erhielte. Er müsste daher von der Höhe dieser Ladung unabhängig sein.

Da bei der benutzten Methode die Zerstreuung nahezu ausschliesslich an dem Cylinder *Z* und dessen Stiele stattfindet, während die in dem Elektroskop befindlichen Teile des geladenen Systems nur zur Vergrösserung der Kapazität beitragen, ohne selbst merkliche Elektrizitätsmengen abzugeben, so ist nach einer früher[1]) von uns begründeten Vorschrift der

1) J. Elster und H. Geitel, Physik. Zeitschrift 1, 11, 1899.

1) J. Elster und H. Geitel, Terrestrial Magnetism and Atm. Electricity. 4, 221, 1899.

Ausdruck $\frac{1}{t}$ ($log\ V_0 - log\ V$) noch durch einen konstanten Faktor $1-n$ zu teilen, in dem n das Verhältnis der Kapazität der im Elektroskope liegenden geladenen Leiter zu der Summe der Kapazitäten dieser und des Zerstreuungskörpers Z bedeutet. Die Zahl $1-n$ war für das benutzte Instrument gleich 0,7.

War der Apparat frisch zusammengesetzt, d. h. die Glocke mit Luft gefüllt, die bei geöffneten Fenstern dem Zimmer entnommen war, so fanden sich bei einer Anfangsladung von 240 Volt (unabhängig vom Vorzeicher) Beträge der Zerstreuung, die, nach der angegebenen Methode berechnet, einem Verluste von etwa 0,4 Prozent in der Minute entsprachen. Blieb der Apparat sich selbst überlassen, so ergab sich am zweiten Tage ein Verlust von 1,0 Prozent, am dritten von 1,2 Prozent, am vierten von 1.4 Prozent. Von nun an wurde die Zunahme der Zerstreuung langsamer und näherte sich allmählich einem Grenzwerte von etwa 2 Prozent in der Minute. Die Temperatur schwankte dabei wenige Grade um 20° C. Es zeigte sich somit, dass der Zerstreuungskoeffizient in dem abgeschlossenen Raume der Glocke in mehreren Tagen auf etwa das 5fache seines Anfangswertes anstieg. Von einer Verminderung der Leitfähigkeit der Luft infolge der während dieser Zeit vielfach durch sie vermittelten Entladungen kann demnach keine Rede sein. Die beobachtete Vermehrung lässt sich wahrscheinlich auf die bekannte (aus der Annahme einer Ionenleitung leicht verständliche) Thatsache zurückführen, dass in staubhaltiger Luft die Elektrizitätszerstreuung geringer ist, als in staubfreier. In dem Masse, wie der ursprünglich in der Luft suspendiert gewesene Staub sich absetzte, musste die Zerstreuung der Elektrizität zunehmen.

Hiermit steht im Einklange, dass, als am vierten Tage nach Füllung der Glocke Luft in schwachem Strome von aussen eingesaugt wurde, die Zerstreuung von 1,4 Prozent auf 0,7 Prozent fiel. Ebenso nahm die Zerstreuung, nachdem der Apparat mit Zimmerluft neu gefüllt war, sprungweise von 0,5 Prozent auf 0,8 Prozent zu, als ein Teil der Innenluft durch solche ersetzt war, die ein Wattefilter langsam passiert hatte.

Bei den bislang betrachteten Messungen hatte, wie bemerkt, die Anfangsladung etwa + 240 Volt betragen. Setzt man nun, nachdem die Elektrizitätszerstreuung 15′ angedauert hat, die Beobachtungen fort, ohne den Apparat neu zu laden, indem man die verbliebene Restladung als Anfangsladung ansieht, um nach 15′ wiederum abzulesen, und schliesst in dieser Weise eine Messung an die andere an, bis wegen der Kleinheit der Divergenz der Elektroskopblättchen die Ablesung unsicher wird, so dürfte, wenn das Coulombsche Zerstreuungsgesetz hier gültig wäre, die Reihe der gefundenen Zerstreuungskoeffizienten nur kleine Schwankungen zeigen. Die Erfahrung lehrt, dass dies auch nicht angenähert der Fall ist. Aus den vielen Beobachtungsreihen sei hier eine mitgeteilt.

A) Positive Ladung, Zeitdifferenz der Ablesungen je 15′:

Ablesungen in Volt.	Zerstreuungskoeffizient a nach der Coulombschen Formel für 1′.	Verluste in Volt in 15′.
245,6	1,34%	32,2
213,4	1,71	35,3
178,1	1,86	31,7
146,4	2,39	32,4
114,0	3,03	31,0
83,0		

B) Negative Ladung:

239,7	1,36%	32,0
207,7	1,67	33,5
174,2	1,77	29,6
144,6	2,61	34,6
110,0	3,55	34,5
75,0		

(Die Luft unter der Glocke war 3 Tage abgesperrt gewesen.)

Während also der Elektrizitätsverlust, in Prozenten der jedesmaligen Anfangsladung berechnet, mit abnehmender Anfangsladung auf mehr als das Doppelte wächst, ist die Differenz der in gleichen Zeitintervallen abgelesenen Potentialwerte konstant. Der Versuch zeigt demnach, dass die in einer bestimmten Zeit aus dem Versuchskörper verschwundene Elektrizitätsmenge nicht seiner jeweiligen Ladung proportional ist, sondern in dem Intervalle von 240 bis 80 Volt einen unveränderlichen Betrag darstellt.

Dieselbe Erscheinung ist schon von Matteucci[1]) für abgeschlossene Luftmengen nachgewiesen worden, doch hat diese Wahrnehmung, wie es scheint, keine Beachtung gefunden.

Sie wird leicht verständlich unter der Annahme, dass für die Luft (wie auch andere Gase) ein bestimmter von der Temperatur und dem Druck abhängiger normaler Gehalt an Ionen existiert, der, sobald er durch elektrische Kräfte vermindert worden ist, sich von selbst dadurch wieder herstellt, dass in der Zeiteinheit eine (ebenfalls von Temperatur und Druck, aber innerhalb der hier in Frage kommenden Grenzen nicht von der Feldstärke abhängige) Menge

1) Annales de Chemie et de Physique **28**, 390, 1850.

von Ionen erzeugt wird. Es kann daher, ohne Rücksicht auf die vorhandene Anfangsladung, keine grössere Elektrizitätsmenge in der Zeiteinheit durch die sogenannte Zerstreuung verschwinden, als durch die unveränderliche Anzahl der während dieser Zeit gebildeten entgegengesetzt geladenen Ionen neutralisiert wird.

Die Erscheinung entspricht vollkommen der von Herren J. J. Thomson und E. Rutherford an künstlich in anormaler Weise leitend gemachter Luft gefundenen Thatsache, dass die Intensität eines durch sie geleiteten Stromes bei Steigerung der Potentialdifferenz einem Grenzwerte zustrebt.[1])

Vielleicht ist der Zusatz nicht überflüssig, dass ein Einfluss des Tageslichtes oder der künstlichen Beleuchtung in keiner Weise merklich war.

Eine Folge der aufgestellten Annahme ist, dass durch Erregung eines von dem des Zerstreuungskörpers unabhängigen elektrischen Feldes in dem abgeschlossenen Raume die Zerstreuung vermindert werden muss, indem dies zweite Feld einen Teil der entstehenden Ionen in seinen Kraftlinien zu laufen zwingt. Man erreicht dies leicht, indem man die Glocke mit einem Stanniolring umgiebt, den man mit dem einen Pole einer Reihe von Akkumulatorzellen verbindet, während der andere zu dem Metallteller des Apparats geführt und daher zur Erde

1) J. J. Thomson and E. Rutherford. Phil. Mag. **42**, 392, 1896.

abgeleitet ist. Es wird auf diese Weise ein elektrisches Feld zwischen dem Schutzcylinder $E\,E^1$ und der Innenwand der Glocke hergestellt.

Es wurden z. B. die folgenden Messungen bei positiver Ladung des Elektroskops erhalten:

	Stanniolring zur Erde abgeleitet	Stanniolring negativ geladen mit 2 Zellen	Stanniolring negativ geladen mit 8 Zellen	Stanniolring positiv mit 8 Zell. geladen	Stanniolring wieder zur Erde abgeleitet
Verlust in Volt in 15′	46,7	37,8	27,9	25,9	45,2
Verlust in Prozenten der Anfangsladung in 1′	1,93	1,60	1,14	1,08	1,93

(Die Luft unter der Glocke hatte 8 Tage ruhig gestanden.)

Man erkennt, dass die Ionen in der, längere Zeit in Ruhe gewesenen Luft beweglich genug waren, den Kräften eines durch 2 Akkumulatorzellen erregten Feldes zu folgen, es möge hinzugefügt werden, dass auch schon ein Zinkkohle-Element genügte, die Zerstreuung merklich zu verringern.[1])

Ein gewisses Leitvermögen, ein normaler Ionengehalt erscheint somit als eine notwendige Eigenschaft der Luft.

1) Der Versuch ist demjenigen ganz analog, durch den Herr W. Giese die Ionenleitung der Flammengase nachwies. Wied. Ann. 17, S, 570, 1882.

(Eingegangen 12. November 1900).

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Der heutige Stand der Theorie des Erdmagnetismus.

Von A. Nippoldt.

(Fortsetzung und Schluss.)

Als nun derart erkannt worden war, dass die Grundlage von Gauss eine richtige war, ging man dazu über, seine Theorie weiter auszubauen[1]). — Was bei allen magnetischen Karten zunächst auffällt, ist die scheinbare Unregelmässigkeit in der Verteilung des Erdmagnetismus. Eine um eine beliebige Achse homogen magnetisierte Erde müsste für jeden Breitenkreis einen Mittelwert V_φ des Potentiales ergeben $= C \sin \varphi$. Nun liegt der Gedanke nahe, dass die thatsächliche Verteilung eine Übereinanderlagerung eines homogenen und eines störenden Feldes ist. Dies Gefühl bestimmte v. Bezold, für die einzelnen Breitenkreise Mittelwerte zu bilden und aus den Differenzen gegen die Einzelwerte „Isanomalen des erdmagnetischen Poten-

1) Auf Wunsch der Redaktion sei für die bis hierher besprochenen Arbeiten folgende Übersicht nachgetragen: H. Fritsche: Die Bestimmung der Koeffizienten der Gaussischen Theorie u. s. w. St. Petersburg 1897. Autographie. — Ad. Schmidt: Der magnetische Zustand der Erde zur Epoche. 1885. Archiv d. Seewarte. **21**, 1898. — A. W. Rücker, Results of the Recent Magnetic Survey of Great-Britain. Terr. Magn. **1**, 105, 1896. — V. Carlheim-Gyllenskiöld: Mémoire sur le magnétism terrestre dans la Suède méridionale. Vet. Ah. Förh. 27. Stockholm. — W. v. Bezold: Der normale Erdmagnetismus. Berl. Sitzber. **50**, 1119, 1895. — W. v. Bezold: Zur Theorie des Erdmagnetismus. Ebenda. **48**, 414, 1897. — J. Liznar: Magnetische Aufnahme Österreich-Ungarns und das erdmagnetische Potential. Meteor. Zeitschr. **15**, 175, 1898. — L. A. Bauer: Vertical Earth-Air Electric Currents. Terr. Magn. **2**, 11, 1897. — Elster und Geitel: Methode, die Richtung elektrischer Vertikalströme zu bestimmen. Terr. Magn. **3**, 49, 1898.

tials" zu bestimmen.[1]) So entstand der Begriff eines „normalen Potentials". Aus der Definition der Anomalien als Abweichungen vom Mittel ergiebt sich, dass auf jedem Parallelkreis mindestens zwei Punkte normalen Magnetismus sich befinden müssen; die solche Punkte verbindende Linie heisst die „Normale" des erdmagnetischen Potentials. Ist dy das Element eines Meridians, so ergiebt sich, da das normale Potential V_n für jeden Breitenkreis konstant ist, $\frac{\partial V_n}{\partial y} = 0$. Ist V_a das anormale Potential, also $V = V_n + V_a$, so ergiebt sich also $\frac{\partial V}{\partial y} = \frac{\partial V_a}{\partial y} = Y$, d. h. „die Kenntnis der Anomalien für alle Punkte der Erde reicht aus, um überall die östliche Komponente der Intensität zu berechnen". Weiter ist danach V_a bis auf eine Konstante eine Funktion der Länge, die sich einfach berechnet. Die Konstante aber ist jener Wert, den die Funktion im Schnittpunkt des betreffenden Breitenkreises mit der Normalen des Potentiales annimmt. Also „genügt die Kenntnis der östlichen Komponente des Erdmagnetismus für die ganze Erde, um alle Anomalien zu berechnen, also auch zu zeichnen; man braucht nicht auf die Mittelwerte des Potentials zurückzugehen". In diesen Sätzen wird man unschwer eine Ausbildung jener von Gauss entdecken, wonach aus allen Westkomponenten für die Erde und allen Nordkomponenten längs einer Linie von Pol zu Pol sich für jeden Punkt das Potential berechnen lässt. Bezold findet bei der Berechnung seiner Isanomalen, dass der normale Teil fast genau proportional ist mit dem Sinus der Breite. Das liegt implicite schon in der Definition der Anomalien. Erwähnt sei noch, dass Schmidt untersucht hat, ob irgend eine Achse existiert, die als Achse der homogenen Magnetisierung gedacht, das Gesetz $V_n = C \sin \varphi$ noch besser erfüllt, als die Rotationsachse der Erde, jedoch keine ausgesprochen bessere gefunden hat.[2])

Nun entspricht aber auch das erste Glied der Gaussischen Kugelfunktionsreihe einer homogenen Magnetisierung der Erde, da diese in erster Annäherung durch $g^{1,0} \sin \beta = \frac{V}{R}$ dargestellt wird, wo $g^{1,0}$ der Koeffizient des ersten Gliedes in der Gaussischen Bezeichnungsweise ist. Auf diesen Punkt machte zuerst L. A. Bauer aufmerksam, indem er zeigte, dass jenes erste Glied das Potential einer Eisenkugel darstellt, welche so gross wie die Erde, parallel zu deren Achse magnetisiert und von dem Moment $g^{1,0} R^3$ ist.[1]) Hiermit ist gewissermassen eine physikalische Analyse der Kugelfunktionsreihe begonnen, und Bauer ging auf diesem Wege auch weiter, indem er jenes Feld untersuchte, das überbleibt, wenn man das normale abzieht.

Eine bessere Annäherung lässt zu dem Gliede $g^{1,0} \sin \beta$ noch einige weitere treten, die dem Umstande zuzuschreiben sind, dass die homogene Magnetisierung der Erde um eine gegen die Rotationsachse geneigte Achse erfolgt ist; und so definiert Bauer auf Grund von Schmidts Rechnungen die normale Magnetisierung als die, welche durch eine homogene Magnetisierung um eine Achse entstanden ist, welche die Nordhalbkugel der Erde in 78° 34'.3 Breite und in 68° 30'.6 westlicher Länge von Greenwich schneidet und die das Moment 0.32298 R^3 $C.$ $G.$ S besitzt. Die Komponenten des überbleibenden (residualen) Feldes ergeben sich rein subtraktiv aus denen des normalen; aus ihnen lässt sich dann wieder das gestörte Feldpotential leicht berechnen.[2]) Das Resultat ist die Konstatierung von drei Polpaaren, je ein Südpol in Afrika, südlich von Australien und südlich von den Aleuten, je ein Nordpol in China, bei Südgeorgien und in Nordamerika. Es würde hier zu weit gehen, alle Gesichtspunkte zu erwähnen, die sich aus den hier besprochenen Untersuchungen von Bauer ergaben, die Arbeit ist noch ganz neu und die Erforschung der physikalischen Natur des überbleibenden Feldes daher eben erst angebahnt, nur bemerkt sei hier, dass sich grosse Übereinstimmungen zeigen mit dem Kraftfeld der täglichen Variationen, von dem nachher zu sprechen ist, und mit den Jahresisanomalen der Temperatur. Es wird das überbleibende Feld also gerade wie letztere dem Einfluss der Kontinente zuzuschreiben sein. —

Eine andere, wenn auch nicht wesentliche Annahme von Gauss ist, dass der Sitz der erdmagnetischen Kraft innerhalb der Erde zu suchen ist; er liess jedoch schon die Möglichkeit offen, dass ein kleiner Anteil seinen Ursprung ausserhalb habe. Dieser Punkt ist schon in der Schmidtschen Berechnung berücksichtigt, in anderer Weise neuerdings von J. Liznar in Angriff genommen worden.[3]) Setzt man in die Kugelfunktionsreihe des Artikels 17 der Gaussischen Theorie für den radius vector r den um die Höhe h vermehrten Erdradius ein und vernachlässigt Potenzen von $\frac{h}{R}$, so ergiebt sich für das Potential in der Höhe h die Gleichung $V_h = R^2 \; V_0 / (R + h)^2$, wo V_0 das

1) W. v. Bezold: Isanomalen des erdmagn. Potentials. Berl. Sitzber. **48**, 1895.

2) Ad. Schmidt: Verteilung der Erdmagn. in Bezug auf beliebige Durchmesser. Terr. Magn. 1898.

1) Siehe W. v. Bezold: Normaler Erdmagn. l. c.

2) L. A. Bauer: Physical Decomposition of the Earth's Permanent Magnetic Field. Terr. Magn. **4**, März 1899.

3) J. Liznar: Änderung der erdmagnetischen Kraft mit der Höhe. Wiener Sitzber. **107**, 753, 1898.

Potential auf der Erde ist. Entsprechend ist $X_h = R^3\ X_o\ /(R+h)^3$; $Y_h = R^3 Y_o /\ (R+h)^3$; $Z_h = R^3 Z_o\ /(R+h)^3$. Bei der Kleinheit von h genügt die Auflösung nach Näherungsformeln, wodurch sich die durch die Höhenzunahme bewirkten Variationen, wie folgt ergeben:

$$\triangle X = -3\frac{h}{R}X_o;\ \triangle Y = -3\frac{h}{R}Y_o;\ \triangle Z_h = -3\frac{h}{R}Z_o;\ \triangle H = 3\frac{h}{R}H_o;\ \triangle T = -3\frac{h}{R}T_o;$$
$$\triangle \delta = \triangle i = o$$

Die Winkel ändern sich also garnicht, die Intensitäten linear, wobei jedoch die Annahme zu Grunde liegt, dass die Abnahme mit der Höhe nur von der Zunahme der Entfernung von der Erde abhängt. Liznar nahm als Ausgangswerte an: $X_o = H_o = 0.21$; $Y_o = 0.033$; $Z_o = 0.4$; $T_o = 0.45$ *C.G.S.*, Werte, die nach seiner Vermessung von Österreich-Ungarn für $\varphi = 46^0\,40'$, $\lambda = 17^0.6$ und die Epoche 1890.0 gelten. Die Stationen nach drei Höhengruppen ordnend, findet er zwischen den beobachteten und berechneten Abnahmen mit der Höhe Differenzen, aus denen er schliesst, dass auch ausserhalb der Erdrinde magnetische Kräfte zu finden sind, und es für nötig hält, Landesaufnahmen auf ein gemeinsames Niveau zu reduzieren. Es sei hier bemerkt, dass es Trabert in seiner oben citierten Abhandlung nicht gelungen ist, aus der Theorie der Luftelektrizität quantitativ ein magnetisches Feld zu berechnen, das von Strömen parallel der Erdoberfläche ausgeübt, dem Liznarschen äquivalent wäre. Das spricht nicht gegen Liznars Annahme, sollte aber dazu anregen, über die Abnahme mit der Höhe noch eingehendere Untersuchungen anzustellen, wie dies Liznar auch durch Vorschlag der Errichtung eines Höhenobservatoriums thut. Hier sei nur kurz bemerkt, dass man sich als Ursache der Abnahme recht wohl auch eine Art Massenwirkung denken kann, wie sie im Gebiete der Lotabweichungsmessungen vorkommen. Palmieri[1]) hat gezeigt, dass die Erdströme an Bergen hinansteigen; ein derart schief aufsteigender Strom muss ein störendes Kraftfeld abgeben. Dies zu untersuchen, müsste man Kurvenintegrale rund um ein Gebirge legen.

Alle bisher angeführten Untersuchungen beziehen sich auf jenen Teil des Erdmagnetismus, den man den konstanten nennt. Er ist dies nur relativ zu den kurzen Perioden der grossen Variationen. Reduziert man für einen Ort alle im Jahre gemessene Werte in jedem Jahre auf dieselbe Epoche, so ist der Inbegriff aller Änderungen in diesen Werten von Jahr zu Jahr die sogenannte „säkulare Variation". Sie ist diejenige magnetische Variation, die man

1) L. Palmieri, Correnti telluriche all' Osservatorio Vesuviano. Atti di Napoli **8**, Nr. 4, 1897.

am schlechtesten kennt, erstens weil eine so lange Zeit vergehen muss, bis man genügend viel Beobachtungsdaten hat, zweitens weil ältere Messungen sehr unsicher sind und drittens weil auch heute noch die Genauigkeit in der Bestimmung der Inklination und Vertikalintensität so sehr gering ist, im Vergleich mit der der anderen Elemente.

Einer theoretischen Untersuchung ist die säkulare Variation erst spät unterworfen worden. Gauss und Weber haben einfach eine Gleichung zweiten Grades in der Zeit aufgestellt. Später haben einzelne Forscher Besselsche Reihen (das sind Fouriersche mit endlicher Gliederzahl) herangeholt. Allein solche Versuche sind wenig versprechend, denn erstens ist in Bezug auf die zu Grunde zu legende Periode jeder willkürlichen Annahme Raum gegeben, und ausserdem ist es sehr fraglich, ob von einer säkularen „Periode" überhaupt die Rede sein kann. Bemerkt muss jedoch werden, dass Weyer in seiner Methode der Anwendung Besselscher Reihen einen glücklichen Griff gethan hat, indem seine Darstellung des ersten Gliedes der Reihe mit den Untersuchungen Bauers, die nun folgen sollen, Ähnlichkeiten ergiebt.[1])

L. A. Bauer untersuchte jene Kurve, die der Nordpol eines in seinem Schwerpunkt frei aufgehangenen Magneten infolge der säkularen Änderung in Deklination und Inklination beschreibt.[2]) Das eine Resultat ist, dass vom Schwerpunkt aus betrachtet diese Kurven auf der ganzen Erde im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers durchlaufen werden (Ausnahmestellen sind kleinere Schleifen), das andere aber, dass fast dieselbe Kurve beschrieben wird, wenn man momentan den Magneten auf seinem Breitenkreise rund um die Erde führt. Mit anderen Worten heisst das nämlich, dass der konstante Teil des Magnetismus sich über die Erde verschiebt. Selbstverständlich ist dies Resultat eine erste Annäherung, genauere Untersuchungen werden es modifizieren. Ein erster Schritt hierzu ist in der eleganten Theorie Carlheim-Gyllenskiölds zu sehen.[3]) Diese Theorie stellt sich über die Eigenheiten des Ortes, indem sie die säkulare Variation des gesamten Erdpotentiales betrachtet, also nicht nur die irgend eines Elementes an einigen Orten. Zu diesem Zwecke berechnet der Verfasser aus sämtlichem geeigneten Materiale für 23 verschiedene Epochen die Kugelfunktionen $h^{i,\,n}\ g^{i,\,n}$. Dies geschieht, soweit das Beobachtungsmaterial es verlangt, durch succes-

1) Meyer, Nova acta **58**, 3, 1895.

2) L. A. Bauer, das Wesen der Säkularvariation. Diss Berlin 1895.

3) V. Carlheim-Gyllenskiöld, Sur la forme analytique de l'attraction magnétique de la terre. Astron. Jaktag., **5**, Nr. 5. Stockholm, 1896.

sive Näherung, auf deren Einzelheiten hier jedoch nicht näher eingegangen werden kann. Den zeitlichen Verlauf stellt er sodann sinngemäss dar, indem er die $h^{i,n}$, $g^{i,n}$ vom gleichen n durch einen Koeffizienten $\alpha_n^{(i)}$, und eine Angulärkonstante $\beta_n^{(i)}$ ausdrückt, wo $\alpha_n^{(i)} = \frac{g^{i,n}}{\sin \beta_n^{(i)}}$ ist. Das ist aber nichts weiter als eine Besselsche Reihe, worin in jedem Gliede $\alpha_n^{(i)} \cdot \cos n (\omega + \beta_n^{(i)})$ $\alpha_n^{(i)}$ das magnetische Moment einer Welle n^{ter} Ordnung ist und $\beta_n^{(i)}$ der Richtung des Feldes entspricht. Es ergab sich dabei das Gesetz, dass $\alpha_n^{(i)}$, also das Moment des Feldes konstant bleibt, seine Richtung aber variiert. Das ist ein ähnliches Resultat, wie das eben citierte von Bauer, nur dass Gyllenskiöld gleichzeitig zeigen konnte, dass die Felder verschiedener Ordnung unabhängig nebeneinander existieren, indem die Richtungsänderungen verschiedene Perioden einhalten. Die Richtungsänderungen verlaufen proportional mit der Zeit, d. h. die einzelnen Felder rotieren mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Erde. Das erdmagnetische Potential, das also Gauss für eine Epoche, d. h. für einen gegebenen Moment darstellt, fasst derart Gyllenskiöld allgemeiner als eine Funktion der Zeit auf, giebt es also durch eine Form wieder $V = P_n^{(i)} \alpha_n^{(i)} \cos (n\omega + n\gamma_n^{(i)} + n m_n^{(i)} t)$, wo $n m_n^{(i)} t$ die einzige Variabele ist. Fasst man als Hauptachse der Magnetisierung der Erde die Richtung des Hauptmomentes auf, so ergiebt sich, das diese magnetische Achse um die Rotationsachse in 3147 Jahren einen Konus von $23^0\, 28'$ Öffnung beschreibt.

Diese rechnerische Analyse der Beobachtungen ist aber nur die Einleitung zu einer physikalischen. Das Gesamtbild der rotierenden Felder stellt ein System vor, dass auf die Erde induzierende Kräfte ausübt. Das von ihm auf der Erde induzierte Potential sei Ω, das Potential des Feldes selbst V'. Nach Poisson entspricht jedem Kugelfunktionsglied des Feldes V' ein proportionales in Ω. Für ein jedes Glied in Ω gilt also $\Omega^{(i)} = N_i\, V'^{(i)}$ oder für das gesamte induzierte Potential $\Omega = \sum_{i=1}^{\infty} N_i\, V'^{(i)}$. Für das permanente Potential, dem das induzierte aufgelagert ist, ist natürlich $\frac{dV}{dt} = \Omega$ also gleich obiger Summe. Hieraus ergiebt sich für die Variation der Angulärkonstanten $\beta_n^{(i)}$ des Gesamtfeldes mit der Zeit die Differentialgleichung $\frac{d\beta_n^{(i)}}{dt} = -\frac{N_i \alpha'^{(i)}_n}{n\, \alpha_n^{(i)}}\, t + C$ und für die gegebenen Verhältnisse wird $m_n^{(i)} = -\frac{N_i\, \alpha'^{(i)}_n}{n\, \alpha_n^{(i)}}$ und die Rotationsgeschwindigkeit des Feldes $_n^{(i)}$ wird $-2\pi \frac{n\, \alpha_n^{(i)}}{N_i\, \alpha'^{(i)}_n}$. In Worten: die Koeffizienten des Gesamtfeldes sind Brüche aus den Koeffizienten des permanenten und des influenzierenden Feldes, die Winkelkonstanten sind um $\frac{\pi}{2n}$ verschieden von denen des permanenten.

Nun denkt Gyllenskiöld sich als influenzierendes Feld ein System elektrischer Ströme in der Atmosphäre und wendet Hertz' Untersuchungen über die Rotation einer magnetisierten Kugel in einem solchen Felde an und findet Übereinstimmung mit seiner Theorie, wenn das elektrische Kraftfeld entgegen der Erdrotation rotiert.

Hiermit ist zwar die Existenz solcher Ströme nicht erwiesen, denn jede magnetische Erscheinung lässt sich so auffassen, als rühre sie von elektrischen Strömen her, allein die Möglichkeit ist immerhin eine grosse, denn auch Schuster konnte nachweisen, dass die säkulare Änderung der Magnetisierung der Erde sich aus induzierten Strömen des Weltraumes erklären lässt, wenn man diesem eine Leitungsfähigkeit zuschreiben kann.[1]) Hierher gehören auch die Ideen von A. Korn,[2]) der die ihm so geläufige hydrodynamische Theorie der Gravitation heranzieht, um den Umstand zu erklären, dass die Erde in Richtung ihrer Rotationsachse magnetisiert ist, und Wesselys Idee, die Transportation der magnetischen Erde in ihrer Bahn als einem Verschiebungsstrom entsprechend zum gleichen Zwecke heranzuziehen.[3]) —

Im Gegensatze zu den Erscheinungen des konstanten Magnetismus stehen die periodischen, worunter man alle versteht, welche dem Charakter nach sich nach ein und derselben Zeit wiederholen. Der Charakter ist definiert durch die Anzahl und Lage der Extreme, wo hingegen die Amplitude meist wieder in längeren Zeiten periodisch ist, d. h. die Erscheinung kehrt in derselben Gestalt und Grösse erst nach längerer Zeit wieder. Wo die Periode genau bekannt ist, lässt sich die Erscheinung durch eine Reihe fluktuierender Funktionen darstellen. Betrachtet man z. B. tägliche Verläufe als Funktion der Tagesstunden allein, so bedient man sich Fourierscher Reihen, sieht man sie auch als Funktionen des Monats an, so sind Kugelfunktionen zu verwenden, und will man sie auch als Funktion etwa der sogenannten elfjährigen Periode darstellen, so sind elliptische Laméscbe Funktionen zu brauchen. Solche Darstellungen

1) A. Schuster, Electric Currents induced by rotating magnets, u. s. w. — Ter, Magn. 1, 1, 1896.

2) A. Korn, Entstehung des Erdmagnetismus nach der hydrodynamischen Theorie. Münchener Sitzber. 129, 1898.

3) Wessely, Grunerts Archiv, 1899.

sind dann, wie der Verfasser dieses Berichtes an anderer Stelle gezeigt hat, sinngemässe, d. h. die Zusammensetzung der Funktionen aus einzelnen ebenen Kugel- oder Raumwellen entspricht der physikalischen Entstehung der Erscheinung. Im einzelnen ist die Handhabung und die Kritik der Methoden zu weitläufig, um hier darauf einzugehen, nur sei bemerkt, dass die Aufgabe aller harmonischen Entwicklungen die ist, in erster Annäherung das physische Gesetz zu ermitteln, dem die Erscheinung gehorcht; in der Folge ist dann die Aufgabe, unter Fallenlassen der Annahme harmonischer Beziehungen der Wellenlängen, die thatsächliche Übereinanderlagerung der einzelnen Ursachen zu erforschen. Für diese Anwendung harmonischer Funktionen soll in Zukunft die Bezeichnung „harmonische Analyse" reserviert bleiben. Vorbedingung zu ihrer Anwendung ist übrigens, dass die zu Grunde zu legende Periode bekannt und reell ist, d. h. thatsächlich existiert. Es kann nämlich vorkommen, dass eine Periode nur durch Interferenz zustande kommt. So glaubte man einen Zusammenhang gefunden zu haben zwischen Erdmagnetismus und Sonnenrotation (26tägige Periode), die Schuster als Folge einer solchen Interferenz nachweisen konnte. Dies gelang ihm mit Hilfe seiner Methode „verborgene (hidden)" Perioden zu entdecken, über die an anderer Stelle in dieser Zeitschrift eingehend berichtet werden wird.[1])

Unter allen Variationen ist die tägliche die einzige, welche bis jetzt im Anschluss an die Gaussische Theorie des konstanten Magnetismus entwickelt worden ist, indem man die Kräfte erforschte, denen sie zuzuschreiben ist. Schuster, der erste, der diese Frage in Angriff nahm, setzte von vornherein voraus, dass das System jener Kräfte ein Potential besitzt und ohne in sich Veränderungen zu erleiden in 24 Stunden sich um die Erde dreht.[2]) Bezold machte jedoch darauf aufmerksam, dass diese Hypothese aus zwei selbständigen Teilen besteht, nämlich aus den Annahmen: „der normale tägliche Verlauf wird von einem Kräftesystem hervorgebracht, das in sich unveränderlich sich im Laufe eines Tages um die fest stehend gedachte Erde herumdreht" und der anderen „dies System habe ein Potential".[3])

Schon für den Fall, dass nur die erste Hypothese erfüllt ist, ergeben sich einige wichtige Gesetzmässigkeiten. In diesem Falle ist nämlich die tägliche Variation entweder nur eine Funktion der Tageszeit oder der geographischen Länge, d. h. sie ist für jeden Punkt ein und desselben Breitenkreises dieselbe. Da dies Resultat aus den üblichen Darstellungsarten der täglichen Variation jedoch nicht mit genügender Deutlichkeit erhellte, ersann Bezold eine neue Art der Darstellung, seine „Vektordiagramme". Hat man die tägliche Variation der Deklination und Horizontalintensität in der Form der rechtwinkligen Koordinaten XY, d. h. die Komponente in der Nord-Süd- und West-Ost-Richtung, so lässt sich leicht eine geschlossene Kurve zeichnen, welche die Endpunkte der Vektoren der einzelnen Tagesstunden verbindet und so ein Vektordiagramm bildet. Das Wesentliche daran ist die astronomische Orientierung, denn nur hierbei ergiebt sich für einen jeden Punkt des Parallelkreises dasselbe Diagramm.

Interessanter ist die Annahme, dass das System ein Potential besitzt. Auch hier sind die beiden Fälle möglich, dass es in sich unverändert bleibt und dass es sich periodisch ändert. Da in dem ersteren Falle die tägliche Variation ebenfalls nur eine Funktion der Breite und der Länge ist, so ergeben sich für dies Potential V_d des täglichen Feldes sehr einfache Gesetze, die in Analogie stehen zu denen des konstanten Feldes. Für die beiden Horizontalkomponenten gelten die Gleichungen

$$X_d = \frac{\partial V_d}{\partial x} = \frac{1}{R}\frac{\partial V_d}{\partial \varphi}; \quad Y_d = \frac{\partial V_d}{\partial y} = \frac{1}{R}\frac{\partial V_d}{\cos\varphi \, \partial\lambda}.$$

Führt man für λ den Zeitunterschied gegen einen Normalmeridian ein $\lambda = \frac{2\pi}{T}(t - t_0)$, so ergiebt sich aus diesen Gleichungen

$$\frac{V_d}{R} = \int X_d \, d\varphi + C_1 = \frac{2\pi}{T}\cos\varphi \int Y_d \, dt + C_2$$

C_1 muss Null sein für $\varphi = +\frac{\pi}{2}$, d. h. für die Pole, da ein konstanter Wert eben definitionsgemäss zum Felde des konstanten Magnetismus gehören würde. Das besagt aber, dass

$$\frac{V_d}{R} = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\varphi} X_d \, d\varphi = -\int_{\varphi}^{+\frac{\pi}{2}} X_d \, d\varphi$$

oder, da die Y-Komponente sich ähnlich verhält: „die Kenntnis einer der beiden Horizontalkomponenten an allen Punkten der Erde genügt, das Potential der täglichen Variation für alle Punkte und damit auch jede andere Komponente zu bestimmen". Es zeigt sich also, dass die X_d und Y_d nicht voneinander unabhängig sind, falls ein Potential vorhanden ist. Indem Bezold nun mit den notwendigen Modifikationen seine Integration längs eines Kugeltrapezes heranholt, gelangt er zu dem Satze: „Kennt man für irgend einen Punkt der Erdoberfläche

1) A. Schuster, Investigation of Hidden Periodicities u. s w. Terr. Magn. 3, 13, 1898 und The Possible Effekt of Solar-Magnetisation. Phil. Mag. 395, 1898.
2) A. Schuster, l. c.
3) W. v. Bezold, Theorie des Erdmagnetismus, l. c.

(d. h. für seinen ganzen Breitenkreis) den Wert der Nordkomponente X_d für eine Zeit t_1 und die Ostkomponente für den Zeitraum t_1 bis t_2 und $\frac{\partial Y_d}{d\varphi}$ für jeden Zeitpunkt des Intervalles, dann ergiebt sich der Wert X_d am Ende aus

$$X_{d_2} = X_{d_1} + \frac{2\pi}{T}\int\limits_{t_1}^{t_2}\left(\frac{\partial Y_d}{\partial\varphi}\cos\varphi - Y_d\sin\varphi\right)dt."$$

Mit Hilfe dieses Satzes lässt sich also die Hypothese eines täglichen Potentials prüfen.

Während so Bezold die Theorie des Feldes der täglichen Variation entwickelte, berechnete es Schuster aus den harmonischen Koeffizienten der täglichen Variation der Horizontalintensität an vier Orten der Erde auf Grund der Annahme, dass es in sich unveränderlich ist und ein Potential hat. Auch graphisch stellte er es dar, jedoch nur in einem schematischen Netz, das die Verhältnisse nicht so gut wiedergeben kann, als Bezolds Darstellung auf einer Erdkarte in Mercatorprojektion. Diese Wiedergabe zeigt sofort eine grosse Menge von wichtigen Einzelheiten, namentlich die stärkeren Gradienten auf der Nordhalbkugel und die Existenz je eines positiven und eines negativen Attraktionscentrums auf jeder Halbkugel. Diese Centren bewegen sich auf den sogenannten Rossbreiten um die Erde und eilen der Sonnenkulmination voraus. Alles das lässt auf meteorologische Einflüsse schliessen. Es werden elektrische Ströme sein, welche durch die allgemeine Luftcirkulation beeinflusst werden.

Schuster untersucht dies näher. Obwohl zur Kenntnis des Potentials V_d, wie eben gezeigt, die Kenntnis der horizontalen Komponenten genügt, hat Schuster dennoch auch die vertikale der harmonischen Analyse unterworfen, um zu unterscheiden, ob die Ursache der täglichen Variation ihren Sitz innerhalb oder ausserhalb der Erde besitzt. Ist Π_n eine Kugelflächenfunktion zweiten Grades in der Reihe für $\frac{V_d}{R}$, so ist, da die Vertikalintensität $Z_d = \frac{dV_d}{dR}$, die entsprechende harmonische Funktion in der Reihe für z bei äusseren Kräften $n\Pi_n$ bei inneren $-(n+1)\Pi_n$. Schuster berechnet den täglichen Verlauf der Vertikalintensität unter beiden Annahmen und findet, dass nur bei Annahme äusserer Kräfte der Sinn der Variation so sich ergiebt, wie er beobachtet wurde. Die Ursache der täglichen Variation liegt also ausserhalb der Erdrinde. Dies können nur elektrische Ströme sein und Schuster untersucht schliesslich noch an der Hand von Lambschen Betrachtungen den Einfluss der von diesen atmosphärischen Strömen erzeugten Induktionsströme in der Erde auf die Magnetnadel.

Mit dieser Schuster-Bezoldschen Theorie der täglichen Variation ist ein noch unabsehbares Forschungsgebiet neu eröffnet worden, das namentlich deshalb interessant ist, weil es zu einer Erklärung des Zusammenhangs der magnetischen mit den meteorologischen Erscheinungen führen wird. —

Von den übrigen Variationen des Erdmagnetismus liegen nur einzelne Untersuchungen vor, keine zusammenfassenden Theorien. Die jährliche Variation ist bis jetzt noch nicht rein zu erhalten, indem in ihr die säkulare Änderung und aber auch namentlich die Variation in den Basiswerten der Magnetometer enthalten sind, sie ausserdem sehr klein ist. Nach einem bekannten Gesetze, wonach die Strahlungsmenge, welche die Sonne der Erde schickt, gerade umgekehrt wächst wie die Zeitdauer, während der sie wirkt (infolge der Elliptizität der Erdbahn), kann nur die Neigung der Erdbahn eine jährliche Variation eines geophysikalischen Elementes hervorrufen, daher denn die jährliche Amplitude immer klein ist gegen andere Variationen.

Eine 26tägige, mit der an sich so schlecht bekannten Sonnenrotation zusammenhängende Periode hat sich als Trugschluss erwiesen, wie oben angedeutet. Nur die sogenannte elfjährige Sonnenfleckenperiode und eine tägliche Periode nach Mondstunden scheint mit Sicherheit vorhanden zu sein.

Die Länge der Sonnenfleckenperiode schwankt, desgleichen aber auch nach Ellis Untersuchungen die Periode der täglichen Amplitude in Deklination und Horizontalintensität in demselben Masse.[1]) Dass beide Variationen ursächlich miteinander verbunden sind, ist daher wohl fraglos, und es ist ziemlich wahrscheinlich, dass die durch die Sonnenfleckenmenge beeinflusste thermische und elektrische Strahlung der Sonne die Ursache der elfjährigen Periode in der Amplitude der täglichen Variation und der Häufigkeit der Störungen ist.

Was eine Störung ist, ist heute noch nicht eindeutig definiert, am wenigsten aber dem Wesen nach. Wahrscheinlich giebt es zwei verschiedene Arten von Störungen, solche, welche kosmischer Natur sind und auf dem ganzen Gebiet, wo sie auftreten, nach Weltzeit synchron auftreten, und solche, welche an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten beobachtet werden. Ad. Schmidt hat neuerdings nachweisen können, dass die unteren Schichten der Atmosphäre von elektrischen Stromwirbeln durchlaufen werden können, welche als ein Beispiel für solche Störungen terrestrischer Natur gelten mögen.[2])

---

1) W. Ellis, Diurnal Range of Deklination and Horizontal Forre and the Period of Solar Spot Frequency. Proc. Roy. Soc. 63, 64, 1898.

2) Ad. Schmidt, die Ursache magnetischer Stürme. Meteor. Zeitschr. 16, 385, 1899.

Die Störungen im allgemeinen nehmen mit wachsender geographischer Breite zu, so dass z. B. die Bezoldschen Vektordiagramme für Polargegenden, wie Lüdeling gezeigt hat, durch die Störungen gerade den umgekehrten Umlaufssinn annehmen als für mittlere Breiten. Eliminiert man die gestörten Tage, so wird der Umlaufssinn wie sonst auf der Erde.[1] —

Überblickt man die Resultate der neueren Forschung, so kann man sie wie folgt vereinen.

Der auf irgend eine Epoche reduzierte, also von Variationen befreite Erdmagnetismus hat ein Potential. Diesem ist ein Kraftsystem aufgelagert, das die Variationen erzeugt und der Gestaltung nach wesentlich abhängt von der thermischen und elektrischen Strahlung der Sonne. Reduziert man seinerseits dieses System auf andere Änderungen, so umläuft es, in erster Annäherung, im Laufe eines Tages ungeändert die Erde, kann ein Potential besitzen und mag in weiterer Annäherung eine Funktion der geographischen Eigenschaften der Längegrade sein. Eliminiert man nur säkulare Änderungen, so bringt die Neigung der Erdachse eine jährliche Periode dieses Systems hervor. Die säkulare Variation bringt eine successive Verschiebung des Systems über die Erde zustande, und da die geographischen Eigenschaften der Längegrade (Verhältnis von Wasser zu Land in erster Linie) erhalten bleiben, so ist dies äquivalent mit einem säkularen Kraftfeld, das zunächst aus zwei Teilen besteht, der Verschiebung des Systems und dem Einfluss des konstanten Magnetismus. Dieser selbst kann dann wieder für sich zu- oder abnehmen, sei es infolge allmählichen Energieverlustes der Erde, sei es durch Verschiebung des ganzen Sonnensystemes im Potential des Raumes.

In den Variationen, namentlich in der Gestaltung des Feldes der täglichen Variationen, ist ein Zusammenhang mit meteorologischen Verhältnissen nicht zu verkennen und es erhebt sich die Frage, ob und inwiefern er ein direkter ist. Direkt ist der Zusammenhang mit der Sonnenthätigkeit, obwohl man hier bis jetzt nur Durchschnitts- und kaum Einzelerscheinungen betrachtet hat.

Wenn man bedenkt, dass die hier besprochenen Ergebnisse der neueren Forschung das Resultat der letzten fünfzehn Jahre sind, so muss man anerkennen, mit welch grosser Energie hier gearbeitet wurde. Aber noch charakteristischer als dieser plötzliche Aufschwung der erdmagnetischen Forschung ist das internationale Zusammenarbeiten der einzelnen Forscher. Dieser findet seinen äusseren Ausdruck in der Existenz der Zeitschrift „Terrestrial Magnetism", die unter L. A. Bauers Leitung steht, dem permanenten internationalen erdmagnetischen Komitee und in dem Bestreben, in den verschiedenen Ländern nach gleichen Plänen zu arbeiten, wie dies z. B. die nächstes Jahr auslaufenden Südpolexpeditionen bezwecken.

(Eingegangen 3. Oktober 1900.)

1) G. Lüdeling, Tägl. Periode des Erdmagnetismus und der Störungen an Polarisationen. Terr. Magn., 4, 245, 1899.

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Neues vom Telegraphon.[1]

I. Telegraphonischer Kommutator-Multiplikator.

In Heft 48 des ersten Jahrganges dieser Zeitschrift wurde ausführlich auf zahlreiche interessante Anwendungen des telegraphonischen Prinzips hingewiesen, unter anderem auch einer Telephon-Zeitung Erwähnung gethan, dazu dienend ein und dasselbe Gespräch von einem Stahlband in eine beliebig grosse Anzahl von Telephonleitungen zu übertragen. Die Anordnung war eine derartige, dass ein endloses Stahlband mit grosser Geschwindigkeit über zwei Rollen läuft. Das besprochene Stahlband transportiert das magnetisch fixierte Gespräch weiter und giebt es nacheinander an eine beliebig grosse Anzahl von Abhörmagneten wieder ab.[1]

Das Charakteristische dieses telegraphonischen Multiplikators besteht darin, dass das Stahlband bei der Poulsenschen Ausführungsform des Apparates einpolig beschrieben, also in seiner Längsrichtung magnetisiert wird, während bei dem Draht- resp. Bandtelegraphon[2]) der Stahldraht bezw. Band zweipolig, also quer zur Längsrichtung magnetisiert wird.

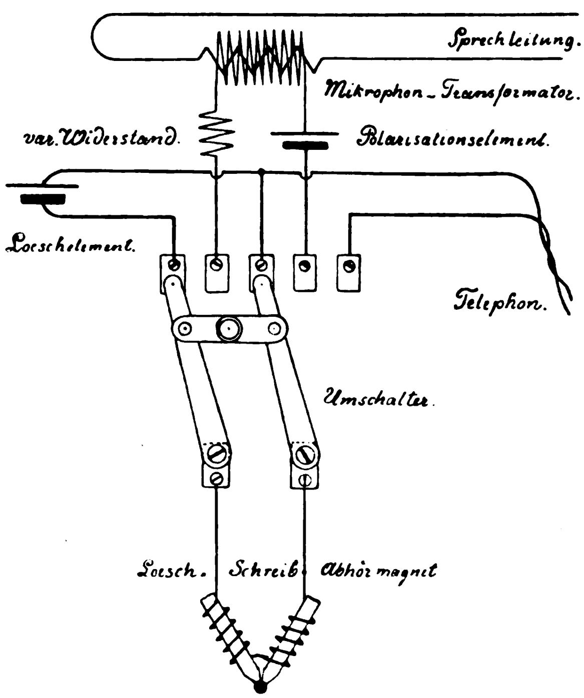
Die einpolige Magnetisierungsmethode des Gesprächsträgers hat den Vorzug einer grösseren Lautstärke in der Wiedergabe des Telephonogramms, erfordert aber der zweipoligen Schreibmethode gegenüber eine bedeutend grössere Geschwindigkeit des Stahlbandes, um die der

1) Vgl. diese Zeitschrift, 1, 413, 470, 554 u. 570, 1899/1900; 2, 1 u. 28, 1900/01.

1) Vgl. diese Zeitschrift, 1, 555, Fig. 4.
2) Vgl. diese Zeitschrift, 1, 554, Fig. 1.

Sprache entsprechenden magnetischen Berge und Thäler genügend klar zur Ausprägung zu bringen; so beträgt beispielsweise die mittlere Geschwindigkeit des Stahlbandes bei dem Poulsenschen Telegraphon ca. 2,5 m pro Sekunde, während dem Stahlbande der Telephonzeitung eine Geschwindigkeit von 30—50 m pro Sekunde erteilt wird.

Daher wird zur Zeit wegen der mechanischen Schwierigkeiten einer geeigneten Aufspeicherung der grossen Quantitäten des benötigten Stahlbandes und der Kostspieligkeit desselben[1]) die einpolige Schreibweise nur bei den Apparaten zur Anwendung gebracht, die wie die oben beschriebene Telephon-Zeitung zur sofortigen Weitergabe, nicht aber zur Aufspeicherung von Nachrichten auf längere Zeitdauer dienen.



Es soll im folgenden noch eines Apparates gedacht werden, der auch zu den Apparaten mit grosser Geschwindigkeit zählt und zur massenhaften Verbreitung von Telephon-Nachrichten dient. Er giebt die Nachrichten ebenfalls sofort weiter, ohne dieselben längere Zeit aufzuspeichern. Der Apparat interessiert hauptsächlich wegen der von den übrigen Ausführungsformen gänzlich abweichenden Anordnung des Gesprächsträgers. Er besteht aus einer etwa 4 cm breiten massiven Messingtrommel, auf deren Umfang ca. 1 mm voneinander entfernte Nuten von ca. 1 mm^2 parallel zur Achse der Trommel eingestossen sind. Diese Nuten sind mit Stahllamellen ausgelegt und der Umfang der Scheibe überdreht, so dass Messing- und Stahllamellen abwechseln. Die zweipoligen Sprech- und Hörmagnete sind an einem Gestell fest montiert und zwar derart, dass sie dem Umfang der Trommel möglichst nahe stehen und die Lamellen in ihrer Längsrichtung magnetisieren. Als Löschmagnet dient ein gewöhnlicher Hufeisenmagnet. Die Scheibe wird durch einen Elektromotor von $^1/_4$ *PS* in rasche Rotation versetzt.

Die Stahllamellen bilden hier einen unterbrochenen Gesprächsträger, so dass offenbar Teile der Sprache fortfallen müssen. Bei der grossen Rotationsgeschwindigkeit des Apparates ist unser Ohr aber nicht fähig, das Fehlen der in den Messinglamellen verloren gegangenen Teile des Phonogramms zu bemerken. Dasselbe ist äusserst lautstark und deutlich. Bei der Herstellung des Apparates muss auf eine gleichmässige Entfernung der Nuten sorgfältig geachtet werden, da sonst störende Nebengeräusche auftreten.

Verwendet man zehn Paar Abhörmagnete, so ist die Wirkung von zehn eingeschalteten Telephonen eine derartige, dass man das Phonogramm in einem Zimmer wahrnehmen kann, ohne einen der Hörer ans Ohr zu nehmen.

Versuche, die Wirkung durch längere Fernsprechleitungen zu übertragen, können als durchaus gelungen bezeichnet werden.

II. Einführung eines Polarisationselementes.

Die Verbindung des Schreibelektromagneten des Telegraphons mit der Sekundärwickelung der Mikrophon-Induktionsspule war bei der früher beschriebenen Anordnung eine direkte.[1]) Neuerdings sind in diesen sekundären Kreis ein oder mehrere Polarisationselemente und ein variabler Widerstand eingeschaltet worden, um die Eisenkerne des Schreibelektromagneten während der Aufnahme des Telephonogramms polarisieren zu können. Die jetzt zur Verwendung kommende Schaltungsweise zeigt nebenstehende Figur.

Durch die schwache Polarisation der „magnetischen Feder" wird erreicht, dass man auf einem möglichst günstigen Teil der Magnetisierungskurve arbeitet. Da mit Gleichstrom

1) Das Stahlband (3 mm breit, 0,05 mm dick) kostet etwa 0,30 Mk. pro Meter, d. h. für ein Bandtelegraphon von 15 Minuten Gesprächsdauer würden sich die Kosten des Stahlbandes bei einpoliger Schreibweise unter Zugrundelegung einer Geschwindigkeit von 30 m pro Sekunde auf 8100 Mk. belaufen; bei zweipoliger Schreibweise betragen sie nur 675 Mk. Die Länge des Bandes beträgt 27 km im ersten, $2^1/_4$ km im zweiten Fall. Es dürfte sich empfehlen, um eine praktisch brauchbare Form der Apparate zu erhalten, von der Verwendung des Stahlbandes abzusehen und zu dem viel billigeren Stahldraht zurückzukehren. Zur Zeit arbeiten die Erfinder bereits in dieser Richtung.

1) Vgl. diese Zeitschrift. 1, 414, 1900.

entmagnetisiert wird, so erzeugt die gleichmässige Magnetisierung des Stahldrahtes beim Schreiben eine verhältnismässig starke Polarisation des Eisenkernes, welche bei der Umspülung desselben durch die transformierten Sprechströme eine gute Ausprägung des Magnetophonogramms verhindert. Man hat daher die Richtung des Polarisationsstromes im sekundären Stromkreis so zu wählen, dass er den Eisenkern des Schreibelektromagneten in umgekehrtem Sinne zu magnetisieren sucht, wie der beim Löschen der Magnetschrift benutzte Entmagnetisierungsstrom. Die geeignete Polarisationsstromstärke wird durch den variablen Widerstand reguliert.

Die Schärfe und Deutlichkeit der Wiedergabe ist bei dieser verbesserten Anordnung eine bedeutend grössere als bei der gewöhnlichen Schaltungsweise. Bei Anwendung dieses Verfahrens in der Praxis kann man allerdings die Fernleitung nicht direkt mit dem Telegraphon verbinden, da sich sonst die Intensität des Polarisationsstromes je nach dem Widerstand der Leitung ändern würde, auch die in vielen Leitungen verkehrenden Kontrollströme störend wirken würden. Man nimmt daher einen Transformator zu Hilfe, dessen eine Wickelung mit der Fernsprechleitung verbunden, dessen andere unter Einschluss der oben beschriebenen Polarisationseinrichtung als Lokal-Schreibleitung dient. Bei dieser Anordnung bleibt der Widerstand und damit die günstigste Intensität des Polarisationsstromes gewahrt.

Versuche, das Polarisationselement dadurch zu umgehen, dass die Magnetkerne selbst in richtiger Weise schwach magnetisiert wurden, ergaben wenig befriedigende Resultate, da der Magnet mit magnetisierten Kernen das von ihm geschriebene Magnetophonogramm beim Wiederherübergleiten behufs Reproduktion zerstört. Man bedarf daher in diesem Falle eines besonderen Abhörmagneten mit unmagnetischen Kernen, und es geht so der Vorteil, den gleichen Elektromagneten zum Aufnehmen und zur Reproduktion benutzen zu können, verloren.

Eine dritte Methode wäre die Anbringung einer von der mit der Fernleitung verbundenen Schreibwicklung getrennten Hilfswicklung, um den Eisenkern während des Schreibens schwach zu magnetisieren. Die zuerst beschriebene Methode hat sich am besten bewährt und gelangen jetzt bei fast allen Poulsenschen Telegraphon-Apparaten Polarisationselemente zur Anwendung.

Das Telegraphon als Lokalphonograph scheint soweit entwickelt wie möglich. Da die Mängel des mechanischen Phonographen (ausser der starken Abnutzung der Wachswalzen infolge des Abdrehens, der Kürze des zulässigen Phonogramms und der Undeutlichkeit, bedingt durch störendes Nebengeräusch) dem Telegraphon nicht anhaften, so dürfte der Poulsensche Apparat besonders da mit dem Edison-Phonographen konkurrieren können, wo weniger auf grosse Lautstärke bei der Wiedergabe, als auf Bequemlichkeit der Auslöschung, Klarheit und Deutlichkeit Wert gelegt wird.

III. Schwierigkeiten in der praktischen Anwendbarkeit.

Der praktischen Anwendung der Telegraphon-Apparate als Fernsprechschreiber stehen einstweilen noch eine Reihe von Schwierigkeiten im Wege, die im folgenden kurz angedeutet werden sollen.

Beim telegraphonischen Schreiben wird mehr Energie verbraucht als zum Tönen eines Telephons erforderlich ist. Infolge der Bewegung des Stahldrahtes resp. Bandes wird die Selbstinduktion des Schreibelektromagneten und damit der scheinbare Widerstand der magnetischen Schreibfeder bedeutend erhöht. Dies hat zur Folge, dass sich Nebenschlüsse in den Fernsprechleitungen, wie solche beispielsweise in den Klappenschränken der Telephonämter vorhanden sind, beim telegraphonischen Schreiben viel störender bemerkbar machen als beim Telephon. Bei dem an und für sich schon geringen Nutzeffekte in der Lautwirkung, der bei der telegraphonischen im Gegensatz zur telephonischen Wiedergabe erzielt wird, sind die durch gewöhnliche Telephonleitungen aufgenommenen Phonogramme zur Zeit in Deutlichkeit und Schärfe noch wenig befriedigend.

Dieser Übelstand ist hauptsächlich durch die erwähnten Nebenschlüsse bedingt. Entfernt man die Nebenschlüsse aus der Leitung, so lässt die Deutlichkeit und Lautstärke der Aufnahme nichts zu wünschen übrig. Durch eine künstliche Leitung von 150 km mit entsprechender Selbstinduktion und Kapazität, aber ohne Nebenschlüsse konnten eben so gute Phonogramme erhalten werden, als bei direkter Übertragung. Um den schädlichen Einfluss der in den bestehenden Fernsprechleitungen vorhandenen Nebenschlüsse zu umgehen, wurde versucht, zur Trennung der Fernsprechleitung von der Lokalstromleitung einen mikrophonischen Telephonübertrager anzuwenden.

Zu diesem Zwecke wurde auf den mit der Fernsprechleitung verbundenen gewöhnlichen Fernhörer der Empfangsstation ein empfindliches Mikrophon befestigt, derart, dass Telephon- und Mikrophonmembrane zusammengekittet wurden.

Das hierbei benutzte Mikrophon bildete das bei der Lokalphonographenanordnung sonst verwendete Sprechmikrophon.

Obgleich diese Methode nicht sehr vorteilhaft erscheint, ergaben die auf diesem Wege angestellten Versuche verhältnismässig bessere Resultate. Es sei hier nochmals auf den grossen Unterschied bei der Aufnahme und Wiedergabe von Magnetophonogrammen über bestehende Fernsprechleitungen aufmerksam gemacht. Während eine gute Aufnahme, wie aus Obigem ersichtlich ist, grössere Schwierigkeiten bereitet, vollzieht sich das Übertragen des Magnetophonogramms mit derselben Leichtigkeit wie das gewöhnliche telephonische Senden.

Diesen Schwierigkeiten gegenüber weist der Erfinder selbst darauf hin, dass die Entwicklung des telegraphonischen Prinzips nicht vor Ablauf von ein bis zwei Jahren als abgeschlossen betrachtet werden kann, da auf diesem neuen, bisher unbekannten Felde selbstverständlich noch viele Erfahrungen zu sammeln sind.

Ernst Ruhmer.

(Eingegangen 22. October 1900.)

BESPRECHUNGEN.

B. Donath, Die Einrichtungen zur Erzeugung der Röntgenstrahlen und ihr Gebrauch. Gemeinfasslich dargestellt insbesondere auch für Ärzte und Kliniken. Berlin, Reuther und Reichard. 1899. Mk. 4.50; geb. Mk. 5.50.

Dieses zunächst für den praktischen Gebrauch von Ärzten bestimmte Buch enthält in seinem ersten Abschnitt zuerst einige einleitende Bemerkungen über die Grundbegriffe der Elektrizitätslehre und bespricht sodann im zweiten Abschnitt die Stromquellen, wobei insbesondere die Akkumulatoren, speziell deren Laden und Unterhalten, Berücksichtigung erfuhren. Der dritte Abschnitt erledigt kurz die Konstruktionsprinzipien der Induktoren, worauf sich der Verfasser zu einer eingehenden Behandlung der Unterbrecher wendet. Eine besonders eingehende Berücksichtigung ist hier dem Wehneltunterbrecher geworden; die weiteren Kapitel haben die Titel: Die Vakuumröhren zur Erzeugung der Röntgenstrahlen; Zusammenschaltung der Apparate; Radioskopie und Messkunde; die Radiographie; über die Natur der Röntgenstrahlen. Lässt in diesem letzten theoretischen Abschnitt der Verfasser auch zeitweilig seiner Phantasie die Zügel schiessen, so erleidet dadurch doch der vor allem für den Praktiker hohe Wert des Buches keine Einbusse und wird der Benutzer hauptsächlich aus der grossen Anzahl übersichtlich mitgeteilter Schaltungsschemata Nutzen ziehen. Auch für den Physiker ist die in dem Buche gegebene ausführliche Zusammmenstellung des einschlägigen Materials von Nutzen.

S. Guggenheimer.

(Eingegangen 29. September 1900.)

Tagesereignisse.

Die Franz Josephs-Universität in Czernowitz begeht am 2. Dezember dieses Jahres, dem Jahrestage des Regierungsantritts des Kaisers Franz Joseph I., das Fest ihres 25jährigen Bestehens.

Eine Gedenktafel für den berühmten Göttinger Chemiker Friedrich Wöhler am Pfarrhause zu Eschersheim bei Frankfurt a. M., wo der Gelehrte das Licht der Welt erblickte, ist am 14. November enthüllt worden. Zum Gedächtnis Wöhlers fand am Abend desselben Tages eine Feier im Physikalischen Vereine statt, bei der Professor E. Freund Wöhlers Leben und Wirken schilderte.

Personalien.

Der ordentliche Professor der Mechanik an der Technischen Hochschule in Dresden O. Mohr wurde in den Ruhestand versetzt.

Der ausserordentliche Professor der Chemie an der Universität Marburg B. Rathke wurde zum ordentlichen Honorar-Professor ernannt.

Die Universität Kasan hat dem Professor Killing an der Akademie in Münster für hervorragende Leistungen auf dem Gebiete der Mathematik den Lobaszewski-Preis zuerkannt, der aus einer grossen Medaille und 2000 Rubeln besteht.

Bei der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Heidelberg habilitierte sich Dr. Ernst Mohr für das Fach der Chemie mit einer Probevorlesung über „Die Entwicklung der modernen Atom- und Molekulartheorie.“

Der ordentliche Professor der Mathematik an der Universität München Dr. Gustav Bauer wurde vom Schlusse dieses Wintersemesters an auf Ansuchen von der Verpflichtung zur Abhaltung von Vorlesungen entbunden.

In Charkow ist am 24. Oktober der ordentliche Professor emer. M. Kowalski im Alter von 65 Jahren gestorben. Er war seit 1869 als Professor der reinen Mathematik an der Universität Charkow thätig.

Wie verlautet, schlug die Universität Christiania den Professor Goldschmidt-Heidelberg für die vakante Professur der Chemie vor.

Der Privatdozent an der böhmischen Universität in Prag Dr. Anton Sucharda ist zum ausserordentlichen Professor der Mathematik an der böhmischen technischen Hochschule in Brünn ernannt worden.

Professor Dr. Adolf Kneser in Dorpat, ordentlicher Professor für Mathematik, folgt einem Ruf an die Bergakademie in Berlin.

Der ausserordentliche Professor der Mathematik und analytischen Mechanik an der deutschen technischen Hochschule in Prag Wilhelm Weiss und der ausserordentliche Professor der Zoologie, Botanik und Warenkunde an der technischen Hochschule in Lemberg Dr. Eustach Woloszczak wurden zu ordentlichen Professoren ihrer Fächer ernannt.

In Göttingen hat sich Dr. J. Stark für Physik habilitiert.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 9. 1. Dezember 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Wirkungsweise des Polarisationselementes beim Telegraphon.

Von Ernst Ruhmer.

In einem früheren Referate[1]) dieser Zeitschrift über das Poulsen'sche Telegraphon ist mitgeteilt worden, dass die Einführung eines Polarisationselementes in den Stromkreis des Schreibelektromagneten die Schärfe und Deutlichkeit der Lautwiedergabe wesentlich verbessert. Die schon dort angedeutete Erklärung für diese interessante Wirkung soll hier etwas eingehender behandelt werden.

Wir fassen zunächst den Vorgang der gleichmässigen Magnetisierung ins Auge, der der Aufnahme eines Telephonogrammes stets vorausgeht.

Die beiden Schenkel des Schreibelektromagneten umfassen den Stahldraht der Walze[2]), so dass jeweils ein Stückchen Stahldraht als Anker den Kraftlinienfluss von dem einen Schenkel zum andern vermittelt.

Sehen wir von den Komplikationen ab, die durch Streuung, sowie dadurch herbeigeführt werden, dass wir es mit einem nicht geschlossenen magnetischen Kreise zu thun haben, und auch der Anordnung des Elektromagneten zufolge keine gleichmässige Quermagnetisierung des ganzen Drahtquerschnittes eintreten dürfte, so können wir doch näherungsweise die magnetomotorische Kraft des Schreibelektromagneten aus der bekannten Beziehung

$$\mathfrak{H} = \frac{4\pi Ni}{10}$$

berechnen, wo N die Windungszahl pro Centimeter, i die Stromstärke bedeutet.

Legen wir einen bestimmten Poulsen'schen Schreibelektromagneten zu Grunde, so haben wir:

$$N = 1000$$

$$i = \frac{e}{w} = \frac{4}{200} = 0{,}02 \text{ Amp.},$$

wobei e die elektromotorische Kraft der Löschbatterie, w den Widerstand des Schreibelektromagneten bezeichnet.

Demnach berechnet sich:

$$\mathfrak{H} = 25 \; cgs \; ca.$$

Aus der Magnetisierungskurve des weichen Eisens entnehmen wir, dass bei dieser Feldstärke der Eisenkern des Schreibelektromagneten einen Kraftfluss von $B = 15000$ *cgs* aufweist, also nahezu gesättigt ist. Der Stahldraht wird wegen der magnetischen Übergangswiderstände und der dadurch bedingten Streuung nicht diesen ganzen Kraftfluss aufnehmen, sondern etwa nur 12000 *cgs*.

Sobald der Stahldraht den Bereich des Elektromagneten verlassen hat, sinkt dann seine Magnetisierung auf etwa 8000 *cgs*, wie aus der Hysteresiskurve des Klaviersaitendrahtes zu entnehmen ist.

Schaltet man jetzt den Magnetisierungsstrom aus und lässt zur Aufnahme eines Telephonogramms den Elektromagneten von neuem über den Draht laufen, so wird infolge des remanenten Magnetismus desselben der Eisenkern ziemlich stark magnetisch induziert, schätzungsweise nach obigen Ausführungen auf 8000 *cgs*.

Man befindet sich somit jedenfalls auf einer Stelle der Magnetisierungskurve mit kleiner Permeabilität, wo also verhältnismässig grosse Schwankungen der magnetomotorischen Kraft,

1) Vgl. diese Zeitschrift **2**, 125, 1900.
2) Vgl. diese Zeitschrift **1**, 470, 1900.

relativ kleine Schwankungen des Kraftlinienflusses, d. h. kleine Amplituden der dem Drahte aufzuprägenden magnetischen Wellen hervorbringen können.

Da es zur Erzielung grosser Lautstärke möglichst grosser Amplituden bedarf, so hat man dafür zu sorgen, dass sich die Schwankungen der magnetomotorischen Kraft, wie sie von den Mikrophonströmen in den Magnetwindungen erzeugt werden, auf einem möglichst steilen Teil der Magnetisierungskurve bethätigen können.

Das wird durch die Einschaltung eines Elementes in den Schreibstromkreis in der Weise erreicht, dass der von dieser elektromotorischen Kraft erzeugte Strom den von dem Stahldrahte in den Eisenkernen induzierten Magnetismus grade kompensiert.

In dem oben angenommenen Falle hätten wir eine solche elektromotorische Gegenkraft anzuwenden, dass die im Eisen induzierte Kraftliniendichte von 8000 *cgs* grade kompensiert würde.

Die Magnetisierungskurve des weichen Eisens zeigt, dass dies durch eine Feldstärke von $\mathfrak{H} = 3$ *cgs* ca. zu erreichen ist. Eine solche Feldstärke erfordert aber bei den oben gewählten Verhältnissen einen Strom von $i_1 = 0{,}0024$, der durch eine elektromotorische Kraft von ca. 1 Volt geliefert werden würde.

Denn es ist: $i_1 = \frac{10 \cdot 3}{4 \pi N} = \frac{e_1}{w_1}$

wobei

w_1 = Widerstand der sekundären Spule des Transformators = 200

+ Widerstand des Elektromagneten = 200

also 400 Ohm beträgt.

Demnach: $e_1 = 400 \cdot 0{,}0024 =$ ca. 1 Volt.

In der Praxis wird nun im vorliegenden Falle ein Trockenelement angewendet und es beträgt die günstigste Polarisationsstromstärke nach Messungen an einem Milli-Amperemeter bei ruhender Trommel 0,002 — 0,003 *A*. Die Übereinstimmung ist in Anbetracht der Unsicherheit der oben angeführten Schätzungen recht befriedigend und scheint die Richtigkeit der angestellten Überlegungen darzuthun.

Wie aus der Hysteresiskurve von Stahl zu ersehen ist, wirkt die magnetomotorische Gegenkraft von 3 *cgs* auf den remanenten Magnetismus des Stahldrahtes so gut wie gar nicht zurück.

Von der Hysteresis des Eisens kann abgesehen werden, da es sich bei der Aufnahme des Telephonogramms um keine cyklischen Prozesse, sondern nur um Oscillationen der Magnetisierung handelt. Man dürfte daher für unsere Betrachtungen eine mittlere Magnetisierungskurve zu Grunde legen.

Es sei hier darauf hingewiesen, dass die obigen Betrachtungen den Thatsachen vielleicht nicht vollständig, sondern nur verhältnismässig entsprechen. Wir haben es mit sehr kurzen Magneten zu thun. Da der im Eisen resp. Stahl zurückgelegte Kraftlinienweg im Verhältnis zu dessen ganzer Länge sehr kurz ist, müssen wir wahrscheinlich mit einer viel grösseren Entmagnetisierung rechnen. Diese Verhältnisse sind sowohl für die Magnetkerne als auch für den Stahldraht in Betracht zu ziehen. Leider liegen genauere Angaben über die Magnetisierung bei sehr kurzen Stäben, sowie über die Entmagnetisierung quer magnetisierten Stahldrähte nicht vor.

Über die Vorgänge bei der Magnetisierung des Stahldrahtes durch die Sprechströme hoffe ich demnächst einige Untersuchungen mitteilen zu können.

Anfang November 1900.

(Eingegangen 14. November 1900.)

Nachtrag zu der Mitteilung über Wasserstoffsuperoxyd, Autoxydation und die Gaskette.

Von F. Haber.

Die im Titel genannte Mitteilung[1]) bedarf einer Ergänzung, die zugleich in einem Punkte eine Berichtigung darstellt.

Was das atomistische Schema anlangt, so ergänzen sich die beiden Gleichungen, die für den Mechanismus der Hydroperoxydelektrode[2]) gegeben wurden

$$H_2O_2 + O \rightleftarrows H_2O + O_2 \qquad (1$$

$$O_2 \rightleftarrows O + O \qquad (2$$

mit der dritten

$$H_2O_2 \rightleftarrows H_2O + O \qquad (3$$

zu einem Cyklus und es ist zunächst ohne Belang, ob man 2) oder 3) als die Nebenreaktion betrachtet, welche mit 1) zusammen das Potential des Hydroperoxyds an platiniertem Platin in saurer Lösung bestimmt. Wesentlich ist für die Theorie dieser Elektrode nur der folgende Schluss:

Wenn die Gleichung (1 allein gälte, so wäre Hydroperoxyd nur Reduktionsmittel und es gäbe zwar Depolarisation der Sauerstoffelektrode durch Hydroperoxyd aber keine Katalyse dieser Substanz an platiniertem Platin. Wenn (2 [oder (3] stets gleich rasch und leicht mit (1 verliefe, so gäbe es zwar katalytischen Zerfall des Hydroperoxydes, aber keine Depolarisation der Sauer-

1) Diese Zeitschrift 1, 419, 1900.

2) Neue Bezeichnung für Wasserstoffsuperoxyd nach v. Baeyers und Villigers Nomenklatur. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1900, 2479.

stoffelektrode. Letztere ist aber beträchtlich. Somit ist (1 der rasche und leichte (2 [bezw. (3] der langsame oder schwer auslösbare Vorgang.

Die Bevorzugung von (2 gegenüber (3 ist dadurch bedingt, dass die Verhältnisse der Hydroperoxydelektrode zum Ausgangspunkt für die Betrachtung der „nassen" Autoxydationen gemacht werden. Auf diesem neuen Boden erscheinen die Beziehungen nasser zu trocknen Vorgängen besonders einfach, wenn man (2 und nicht (3 als Ergänzung von (1 wählt.

Ein bedeutsamerer und näher liegender Vorteil der Gleichung (2 vor der Gleichung (3 besteht darin, dass der Mechanismus der Sauerstoffelektrode in der Gaskette, soweit der Austritt und Eintritt von Sauerstoffgas in das Platin in Frage kommt, von vielen Fachgenossen schon seit längerer Zeit im Sinne dieser Gleichung betrachtet* wird.

Statt der obigen Formeln kann man nun, da es sich bei nassen Vorgängen um Ionenaktionen handelt, unter Vermeidung der Sauerstoffatome schreiben:

$$H_2O_2 + 2(OH)' + 2F_{(++)} \rightleftarrows 2H_2O + O_2 \quad (1a$$

$$O_2 \rightleftarrows 4(OH)' + 4F_{(++++)} \quad (2a$$

$$H_2O_2 \rightleftarrows 2(OH)' + 2F_{(++)} \quad (3a$$

wo F die elektrochemische Ladungseinheit von 96540 Coulomb ist.

Die Dynamik giebt dann sofort für die entsprechenden Werte der elektromotorischen Kraft (E)

$$E_{(1a)} = -\frac{RT}{2} \ln C_{H_2O_2} \cdot C^2_{(OH)} + \text{const} \quad (1b$$

$$E_{(3a)} = -\frac{RT}{2} \ln \frac{C^2_{(OH)'}}{C_{H_2O_2}} + \text{const.}' \quad (3b$$

und besteht hier Gleichgew. $[E_{(1a)} = E_{(3a)}]$, so folgt

$$E_{(1a)} = E_{(3a)} = -\frac{RT}{4} \ln C^4_{(OH)'} + \text{const}'' \quad (2b$$

Das ist aber nach Nernst

$$E_{(2a)} = \frac{RT}{4} \ln \frac{C_{O_2}}{C^4_{(OH)'}} . \quad (2b'$$

Die thermodynamische Ableitung kommt also auf dasselbe hinaus, wie die atomistische: auf ein Gleichgewicht zwischen Wasser, Sauerstoff und Hydroperoxyd, sobald man bei (1 oder (3 bezw. (1a oder (3a Reversibilität gelten lässt.

Stellt man dieses Gleichgewicht nach van t'Hoffs Formulierungsart dar, so ergiebt sich die Nullgleichung

$$(4 \left\{ \begin{aligned} O &= \frac{RT}{2}\left[\ln k - \ln \frac{C^2_{H_2O_2}}{C_{O_2} \cdot C^2_{H_2O}}\right] \\ &= \frac{RT}{2}\left[\ln k' - \ln \frac{C_{H_2O_2} \cdot C^2_{(OH)'}}{C_{O_2} \cdot C^2_{H_2O}}\right] \\ &- \frac{RT}{2}\left[\ln k'' - \ln \frac{C^2_{(OH)'}}{C_{H_2O_2}}\right] \end{aligned} \right.$$

$$\left. \begin{aligned} &= \frac{RT}{2}\left[\ln k' - \ln \frac{C_{H_2O_2} \cdot C^2_{(OH)'}}{C_{O_2} \cdot C^2_{H_2O}}\right] \\ &+ \frac{RT}{2}\left[\ln k - \ln \frac{C^2_{(OH)'}}{C_{H_2O_2}}\right] \\ &- \frac{RT}{2}\left[\ln k'' - \ln \frac{C^4_{(OH)'}}{C_{O_2} \cdot C^2_{H_2O}}\right] \end{aligned} \right\} (5$$

Diese Gleichung (5) giebt aber nichts anderes als den Wert für $E_{(1a)} + E'_{(3a)} - 2\,E_{(2a)}$, der in seinen Teilen zuvor unter der Annahme aus (1a, (2a, (3a abgeleitet war, dass gasförmiger Sauerstoff und Wasser als Phasen konstanter Zusammensetzung behandelt werden dürfen. In Worten ausgedrückt: Das Oxydations- und das Reduktionspotential des Hydroperoxydes zusammen stellen das Sauerstoffpotential dar.

Somit führt diese thermodynamische Betrachtung zu dem Ergebnis, dass es für feste Werte der Sauerstoffkonzentration und der Wasserdampfkonzentration nur einen stabilen Hydroperoxydwert giebt. Derselbe herrscht an der Sauerstoffelektrode und bleibt bei isothermen Vorgängen, welche das Arbeitsmaximum leisten, ungeändert, also wenn diese Elektrode reversibel arbeitet. Diese Hydroperoxydkonzentration spielt deshalb für die Dynamik der reversibel arbeitenden Sauerstoffelektrode keine Rolle, diese wird vielmehr durch den Ausdruck nach Nernst

$$E = \frac{RT}{4} \ln \frac{C_{O_2}}{C_{4(OH)'}}$$

durchaus gedeckt. Dasselbe gilt für die Dynamik aller Oxydationsvorgänge, bei welchen das Arbeitsmaximum geleistet wird und der Vorgang auf eine galvanische Kette der Form

Metall | Metallionen Hydroxylionen | Sauerstoffelektrode

zurückgeführt werden kann.

Bei praktischen Vorgängen, die mit erheblichen Geschwindigkeiten ablaufen, können hingegen metastabile Zustände auftreten, ja es ist deren Auftreten nach einem von Ostwald aufgestellten allgemeinen Prinzip zu erwarten. Der hier in Frage kommende metastabile Zustand ist ein Wachstum der Hydroperoxydkonzentration über den Gleichgewichtswert hinaus. Die Möglichkeit dafür gewährt der Umstand, dass 1 oder 1a einerseits, 2 oder 2a bezw. 3 oder 3a anderseits ungleich leicht und rasch vor sich gehen.

Wenn diese Ungleichheit in den Geschwindigkeitsverhältnissen und in der Leichtigkeit, mit der die Teilvorgänge sich auslösen, nicht bestände, so gäbe es überhaupt in Gegenwart von Wasser und Sauerstoff keine experimentell realisierbaren Unterschiede der Hydroperoxydkonzentration bei konstanter Temperatur, während es bekanntlich möglich ist, rein wässrige Hydro-

peroxydlösungen mit den wechselndsten Gehalten herzustellen und aufzubewahren.

Auf diese Geschwindigkeitsunterschiede führe ich erstens die Erscheinungen an einer platinierten Platinelektrode zurück, die in Hydroperoxydlösung taucht, im Zusammenhang damit zweitens die Erscheinungen der Hydroperoxydkatalyse durch fein verteiltes Platin, ferner drittens die kathodische Bildung von Hydroperoxyd unter den Verhältnissen, die Traube und Richarz und Lonnes studiert haben, schliesslich die typischen „nassen" Autoxydationsvorgänge.

Die eingangs als erforderlich bezeichnete Berichtigung ist damit gegeben. Sie bezieht sich, wie man durch den Vergleich erkennt, auf den Umstand, dass die Einzelglieder der Differenz auf der rechten Seite von Gleichung 4 nicht als selbständige, sondern als voneinander abhängige thermodynamische Funktionen zu behandeln sind. Wird der Wert des einen Einzelgliedes Null, so wird es auch der des anderen. Auf die Geschwindigkeit bezw. die leichtere oder schwerere Auslösbarkeit der Teilvorgänge kommt es an. Ein galvanisches Element, welches den typischen Autoxydationsvorgang

$$Pb + O_2 + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O_2$$

mittels der Anordnung

Blei	Bleisulfat Schwefelsäure	Sauerstoff	Indifferente Kathode

realisieren soll, darf nicht mit unendlich schwachem Strom reversibel betrieben gedacht werden. Denn alsdann würde das Arbeitsmaximum gewonnen werden und

$$2Pb + O_2 + 2H_2SO_4 = 2PbSO_4\ 2H_2O$$

verwirklicht werden.

Deshalb ist in der im Titel genannten Abhandlung die Vorstellung gewählt, dass dieses und analoge Elemente kurzgeschlossen arbeiten. Auch ist im zweiten, atomistischen Teil die Geschwindigkeit und Auslösbarkeit der Teilvorgänge als das massgebliche Moment besonders betont. Der hier berichtigte Mangel in der thermodynamischen Behandlung, hat indessen verschuldet, dass dieser Grundgedanke an einigen Stellen des ersten Teils verwischt erscheint. So ist es erforderlich, ohne Änderung des Grundgedankens manches Einzelne anders zu fassen. Ich verweise diesbezüglich auf die Serie von Mitteilungen wesentlich experimenteller Art, die ich an anderer Stelle über hierher gehörige Erscheinungen begonnen habe.[1])

1) Zeitschr. f. physikal. Chem. **34**, 513, 1900; **35**, 81, 1900, zu letzterem ebenda ein Nachtrag.

Karlsruhe, Chem. Techn. Institut der Hochschule.

(Eingegangen 19. November 1900.)

Ionenschuss, innere Ladungen, Kraft- und Stromlinien in durchströmten Gasen.[1])

Von J. Stark.

1. Ionenschuss. — In vielen Fällen ist die elektrische Strömung in Gasen genau analog derjenigen in Elektrolyten. Sie besteht in einer Gegenwanderung von positiven und negativen Teilchen unter dem Einfluss der elektrischen Kraft; bei dieser Wanderung der Ionen hat deren Geschwindigkeit die gleiche Richtung wie die Kraft und ihre Grösse ist proportional der Kraft.

Ist i_p der Strom der positiven Ionen, i_n derjenige der negativen, i_g der Gesamtstrom, X die Kraft, π die positive, ν die negative, λ die gesamte Leitfähigkeit, so gelten für die stationäre Ionenwanderung in einem linearen Leiter mit dem Querschnitt Eins die folgenden Gleichungen:

$$i_p = \pi X;\ i_n = \nu X;\ i_g = i_p + i_n = (\pi + \nu) X = \lambda X$$

Treten in dem durchströmten Gase innere Spannungsdifferenzen ∂V_i auf und ist V_g der Wert der gesamten Spannung, so ist

$$X = -\left(\frac{\partial V_g}{\partial x} - \frac{\partial V_i}{\partial x}\right).$$

Die allgemeine Gleichung der Ionenwanderung ist darum bei Anschluss anderer als elektrischer Kräfte

$$i_g = -\lambda\left(\frac{\partial V_g}{\partial x} - \frac{\partial V_i}{\partial x}\right);$$

λ bezw. π und ν können räumlich variabel sein. Diese Gleichung möchte ich an die Stelle einer früheren[2]) nicht exakten treten lassen.

Die Erscheinungen der elektrischen Strömung in Gasen lassen sich nun noch nicht alle erschöpfend durch die Wanderung der Ionen erklären und darstellen. Da in Gasen der Bewegungswiderstand für ein wanderndes Ion relativ klein und die freie Weglänge relativ gross ist, so ist es möglich, dass das wandernde Ion die Geschwindigkeit, die es auf einer Wegstrecke erlangt hat, in den folgenden Querschnitten zum Teil noch beibehält, abgesehen von der Geschwindigkeit, die es in diesen durch die hier herrschenden Kräfte neu gewinnt. Ich habe diese Erscheinung an früheren Stellen[3]) mit Ionenschuss bezeichnet. Und dieser Name soll im folgenden beibehalten werden zur Bezeichnung der mit Beschleunigung und Trägheit verbundenen Bewegung der Ionen zum Unterschied von der gleichförmigen Bewegung, der Ionenwanderung.

Die elektrische Strömung, welche der Ionenschuss darstellt, lässt sich zusammensetzen aus zwei Teilen, einem Leitungs- und einem Kon-

1) Ausführliche Abhandlung wird in den Annalen der Physik erscheinen.
2) Diese Zeitschrift **1**, 440, 1900.
3) Diese Zeitschrift **1**, 441, 1900. Ann. d. Phys. **3**, 505, 1900.

vektionsstrom. In einem Leiterstück ∂x wandern nämlich einmal Ionen unter dem Einfluss der an Ort und Stelle herrschenden elektrischen Kraft, ihre in ∂x erlangte Geschwindigkeit ist proportional dieser Kraft (Leitungsstrom i_g); ausserdem können durch das Leiterstück Ionen mit einer Geschwindigkeit c fliegen, welche sie in vorausgehenden Querschnitten erlangt haben (Konvektionsstrom). Ist c_p die Konvektionsgeschwindigkeit der positiven, c_n diejenige der negativen Ionen, ϱ_p die Elektrizitätsmenge der an der Konvektion beteiligten positiven Ionen in der Volumeneinheit, ϱ_n diejenige der negativen, J_p die Stärke des positiven Stromes beim Ionenschuss, J_n diejenige des negativen, J_g diejenige des Gesamtstromes, so gelten folgende Gleichungen im stationären Zustande bei Ausschluss anderer als elektrischer Kräfte

$$J_p = i_p + \varrho_p c_p = -\pi\left(\frac{\partial V_g}{\partial x} - \frac{\partial V_i}{\partial x}\right) + \varrho_p c_p,$$

$$J_n = i_n + \varrho_n c_n = -v\left(\frac{\partial V_g}{\partial x} - \frac{\partial V_i}{\partial x}\right) + \varrho_n c_n,$$

$$J_g = J_p + J_n = -\lambda\left(\frac{\partial V_g}{\partial x} + \frac{\partial V_i}{\partial x}\right) + \varrho_p c_p + \varrho_n c_n.$$

ϱ_p, ϱ_n, c_p, c_n sind Funktionen der vor dem betreffenden Querschnitt herrschenden elektrischen Kräfte und der Dichte des Gases.

Die vorstehenden Gleichungen enthalten den reinen Leitungsstrom für den Fall, dass $c_p = c_n = 0$ ist, und den reinen Konvektionsstrom für den Fall, dass die elektrische Kraft Null ist. Von dem Rowlandschen mechanischen Konvektionsstrom unterscheidet sich der hier in das Auge gefasste dadurch, dass gleichzeitig ein positiver und ein negativer Konvektionsstrom vorhanden sein können.

Ein einfacher Fall des Ionenschusses liegt dann vor, wenn auf einer längeren Strecke $\varrho_p = \varrho_n = Ne$ (e Ladung des Ions), $c_p = const$, $c_n = const$, $X = \left(\frac{\partial V_g}{\partial x} - \frac{\partial V_i}{\partial x}\right) = const$ und darum $p = n = N$ (p positive, n negative spez. Ionenzahl) ist. Man hat dann (v_p Beweglichkeit der positiven Ionen, v_n der negativen)

$$I_g = Ne\,(v_p + v_n)\,X + Ne\,(c_p + c_n) = Ne\,[X\,(v_p + v_n) + c_p + c_n].$$

Dieser Fall liegt wahrscheinlich vor in der positiven ungeschichteten Lichtsäule in engen Röhren bei Drucken unter 1 mm.

Besondere Erscheinungen treten in dem Falle auf, dass $\left(\frac{\partial V_g}{\partial x} - \frac{\partial V_i}{\partial x}\right)$ oder die elektrische Kraft räumlich variabel ist. Eine derselben, das Zustandekommen innerer wahrer Ladungen, ist im nachstehenden Abschnitt behandelt.

Hier sei noch auf folgendes hingewiesen. An einer früheren Stelle[1]) habe ich dargelegt, dass eine räumliche Variation der Stärke des positiven und des negativen Stromes eine Änderung der Konzentration der Ionen in durchströmten Leitern bewirkt. Eine solche räumliche Variation kann einmal dadurch bewirkt werden, dass die positive und die negative Leitfähigkeit räumlich in verschiedener Weise variieren, sodann aber auch durch den Ionenschuss. $I_p = \pi X + \varrho_p c_p$ und $I_n = v X + \varrho_n c_n$ können durch das erste oder das zweite Glied Funktionen der Koordinate werden.

2. Innere Ladungen. — Die Versuche mit Querströmen lehren, dass das der Messung sich darbietende Gesamtgefälle der Spannung $\left(\frac{\partial V_g}{\partial x}\right)$ in durchströmten Gasen nicht umgekehrt proportional ist der Leitfähigkeit. Ich habe dies mit dem Auftreten innerer Spannungsdifferenzen (∂V_i) erklärt[2]).

Die räumliche Variation der Leitfähigkeit, die sich mittels Querströme feststellen lässt, besteht in einer räumlichen Variation der Konzentration der freien Ionen. Durch dieses Konzentrationsgefälle werden in Gasen zweifellos, wie in Elektrolyten, innere Spannungsdifferenzen erzeugt; doch selbst unter den günstigsten Annahmen berechnet sich das von dem Konzentrationsgefälle herrührende innere Gefälle der Spannung nicht so gross, wie wir es aus kombinierten Messungen des Gesamtgefälles und der transversalen Leitfähigkeit erwarten dürfen.

Im Ionenschuss nun müssen wir eine andere Ursache des Zustandekommens innerer Spannungsdifferenzen sehen. Er bewirkt nämlich das Auftreten innerer wahrer Ladungen.

Ionenwanderung bringt in einem linearen Leiterstück ∂x keine wahre Ladung hervor; denn sie führt gleichviele positive und negative Ionen zu und weg. Soll in dem Leiterstück ein Überschuss z. B. der negativen Ionen über die positiven sich ergeben, so müssen durch den einen Querschnitt mehr negative Ionen eintreten als durch den andern austreten, während das gleiche für die positiven Ionen nicht der Fall sein darf. Dies wird dadurch erreicht, dass negative Ionen in vorausgehenden Querschnitten unter der Wirkung der elektrischen Kraft eine beträchtliche Geschwindigkeit annehmen, mit dieser in das Leiterstück ∂x hineinfliegen, hier durch Zusammenstoss ihre Geschwindigkeit zum Teil einbüssen und nicht wieder durch die hier herrschende Kraft gewinnen, aus dem Grunde, weil diese hier kleiner ist, als in den vorausgehenden Querschnitten.

Zum Zustandekommen einer inneren Ladung

1) Diese Zeitschrift **2**, 4; 1900. Ann. d. Phys. **3**, 510, 1900.
2) Diese Zeitschrift **2**, 5; 1900. Ann. d. Phys. **3**, 507, 1900.

gehören demgemäss drei Dinge: Ionenschuss, Sinken der elektrischen Kraft in der Richtung des Ionenschusses, Geschwindigkeitsverminderung durch Zusammenstoss. Die Ansammlung der Ionen einer Art wird unter diesen Umständen nicht neutralisiert durch eine Ansammlung von Ionen der andern Art am gleichen Orte, vielmehr unterstützt, indem diese auf einem Teil der Strecke, auf welcher in ihrer Bewegungsrichtung die elektrische Kraft ansteigt, infolge des Ionenschusses in grösserer Zahl aus dem Leiterstück ∂x hinaus-, als in dasselbe hineinwandern.

Allgemein lässt sich sagen: Da wo in der Bewegungsrichtung der Ionen einer Art die elektrische Kraft von grossen zu kleinen Werten sinkt, entsteht eine wahre Ladung gleicher Art. An Stellen also, wo in der Richtung von der Anode zur Kathode die elektrische Kraft sinkt bezw. steigt, entsteht eine wahre positive bezw. negative Ladung. Die Dichte der Ladung besitzt im stationären Zustand einen zeitlich konstanten Wert; es verschwindet dann beständig ebensoviel Ladung als neu erzeugt wird.

Ein einfaches Beispiel für das Vorstehende bietet folgender Fall. Der Querschnitt einer Entladeröhre sei an einer Stelle in der positiven Lichtsäule verengt; es ist dann die elektrische Kraft, wie in einer demnächst in den Annalen der Physik erscheinenden Mitteilung dargelegt ist, an der engen Stelle grösser als in den auf beiden Seiten liegenden weiten Querschnitten. Auf der Anodenseite der Verengung muss darum eine negative, auf der Kathodenseite eine positive Ladung auftreten.

Da in der Glimmentladung, besonders in der geschichteten, die elektrische Kraft im allgemeinen räumlich variiert, so treten in ihr ebenfalls innere wahre Ladungen auf; und zwar bildet sich auf der Anodenseite eines Kraftmaximums eine negative Ladung, auf der Kathodenseite eine positive. Wie indes im einzelnen die Verhältnisse liegen, darauf kann hier nicht eingegangen werden; es sollen nur folgende Sätze mitgeteilt werden.

Die Schichtung hängt auf das innigste zusammen mit den inneren Ladungen, die durch Ionenschuss zu stande kommen. Die Dissymetrie, welche die Schichtung und überhaupt die Glimmentladung zeigt, ist eine Folge des Unterschiedes der Geschwindigkeiten der positiven und der negativen Ionen. In einem Teil des dunklen Trennungsraumes tritt eine negative Ladung auf; dieser rührt her von dem Schuss negativer Ionen, die im Kathodengefälle eine grosse Geschwindigkeit erlangen. Im dunklen Kathodenraum befindet sich ebenfalls eine negative Ladung; diese kommt durch den gegen die Kathode gerichteten Schuss positiver Ionen zu stande. Unmittelbar an den Elektroden werden ungleichnamige Ladungen dadurch erzeugt, dass ungleichnamige Ionen infolge der an jenen grossen Kraft gegen sie hinschiessen und gleichnamige von ihnen wegfliegen.

Endlich sei noch auf folgendes aufmerksam gemacht. Wenn an einer Stelle der Entladebahn ein Maximum oder Minimum der elektrischen Kraft aus irgend einem Grund sich bildet, so bewirkt der Ionenschuss, dass es erhalten bleibt. Er führt nämlich aus dem Gebiet des Maximums mehr positive und negative Ionen heraus, als er hineintreibt, und schleudert in das Gebiet des Minimums mehr positive und negative Ionen, als er heraustreibt. Er sucht also im Minimum die Konzentration der freien Ionen beständig zu erhöhen und damit die Kraft zu vermindern, während er im Maximum die umgekehrte Wirkung hervorbringt. Im stationären Zustand muss Gleichgewicht herrschen zwischen dieser Wirkung, der Diffusion der Ionen und der ionisierenden Wirkung[1]) der bewegten Ionen.

Die hier gekennzeichnete Wirkung des Ionenschusses ist übrigens identisch mit der früher beschriebenen bereits oben erwähnten, die sich aus der räumlichen Variation des positiven und des negativen Stromes ergiebt.[2])

3. Kraftlinien und Stromlinien. — An früheren Stellen[3]) habe ich bereits darauf hingewiesen, dass beim Ionenschuss die Stromlinien (Bahnen der bewegten elektrischen Teilchen) nicht mehr senkrecht zu den Niveauflächen der Spannung zu verlaufen brauchen. Dieser Gedanke soll hier näher ausgeführt werden; magnetische Kräfte seien dabei ausgeschlossen.

Die Stromlinien verlassen dann die Richtung der Kraftlinien, wenn die sich bewegenden Teilchen eine Anfangsgeschwindigkeit (c) senkrecht zu den Kraftlinien besitzen und sie erst nach einiger Zeit durch Zusammenstösse einbüssen oder wenn ihre Centrifugalkraft einen beträchtlichen Wert annimmt. Ein augenfälliges Beispiel für den ersten Fall liefern die Kathodenstrahlen. Hier soll der zweite Fall näher betrachtet werden. Es sollen also Kraft- und Stromlinien gekrümmt sein.

Die Centrifugalkraft, die an einem Ion mit der Masse m_p bezw. m_n, der Ladung e und der Geschwindigkeit $\left(\frac{ds}{dt}\right)_p$ bezw. $\left(\frac{ds}{dt}\right)_n$ auftritt, ist für die Krümmung $\frac{1}{r}$ der Bahn (s): $\frac{m_p}{r_p}\left(\frac{ds}{dt}\right)_p^2$ bezw. $\frac{m_n}{r_n}\left(\frac{ds}{dt}\right)_n^2$. Im stationären Zustand muss dieser Centrifugalkraft das Gleichgewicht gehalten

1) Diese Zeitschrift **2**, 17, 1900.
2) Diese Zeitschrift **2**, 4, 1900. Vgl. oben S. 133.
3) Diese Zeitschrift **1**, 431, 441, 1900.

werden durch die zur Strombahn s_p bezw. s_n senkrecht wirkende Komponente der elektrischen Kraft K. Es muss also sein $\frac{m_p}{r_p}\left(\frac{ds}{dt}\right)_p^2 = eK\sin(s_p, K)$ bezw. $\frac{m_n}{r_n}\left(\frac{ds}{dt}\right)_n^2 = eK\sin(s_n, K)$.

Ist also die Entladebahn gekrümmt, so fallen beim Ionenschuss die Strom- und die Kraftlinien nicht mehr zusammen und darum auch nicht die Niveauflächen der Spannung und der Strömung. Es werden im allgemeinen auch die Bahnen der positiven und der negativen Ionen von der Centrifugalkraft zu einer kleinen Abweichung voneinander gebracht.

Bei dem reinen Leitungsstrom ist die Stellung der Niveauflächen der Spannung in einer gekrümmten Entladebahn, gleichmässige Verteilung der Leitfähigkeit vorausgesetzt, unabhängig von der Grösse der Leitfähigkeit und der Stromrichtung. Dies gilt beim Ionenschuss nicht mehr. Vor bezw. nach dem Querschnitt, welcher die grösste Krümmung enthält, tritt am äusseren Rande der Entladebahn infolge der Centrifugalkraft eine kleine Ladung auf, und sind die lebendigen Kräfte der positiven und der negativen Ionen verschieden, so muss bei Umkehrung der Stromrichtung die Stellung der Niveauflächen sich etwas ändern.

Wegen der Kleinheit der Geschwindigkeiten der Ionen in Elektrolyten und Metallen ist es zweifelhaft, ob es gelingen wird, in diesen Leitern die eben gekennzeichnete elektrische oder eine mechanische Wirkung der Centrifugalkraft der Ionen nachzuweisen. Dagegen können wir sie in verdünnten Gasen erwarten. Nach unseren Erfahrungen ist in diesen die Geschwindigkeit der negativen Ionen beträchtlich grösser, als diejenige der positiven. Darum treten die hier ins Auge gefassten Wirkungen des Ionenschusses vorzüglich an den negativen Ionen auf.

E. Goldstein[1]) hat folgendes beobachtet. Ist in einer engen Entladeröhre der Teil, welcher die positive Lichtsäule enthält, gekrümmt, so tritt an der nach der Anode zu gelegenen Partie der nach innen konkav gekrümmten Glaswand eine schwache Fluorescenz auf.

Diese Fluorescenz wird nach dem Vorausgehenden dadurch verursacht, dass die schnell dahinschiessenden negativen Ionen von der Centrifugalkraft aus der Richtung der Kraftlinien heraus gegen die Glaswand geschleudert werden.

1) Goldstein, Wied. Ann. **12**, 107, 1881.

Göttingen, 10. November 1900.

(Eingegangen 21. November 1900.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

F. Richarz und O. Krigar-Menzel. Bemerkungen zu dem Bericht des Herrn C. V. Boys auf dem internationalen Kongress zu Paris über die Gravitationskonstante. (Vorgetragen von F. Richarz.)

Wir haben aus bestimmten Gründen den Wunsch, die Bemerkungen, die wir zu dem Bericht des Herrn Boys nach Paris eingeschickt haben, hier zu wiederholen.

Mit den allgemeinen Bemerkungen des Herrn Boys über die Gravitationskonstante und die Berechnung der Dichtigkeit der Erde sind wir durchaus einverstanden. Sie stimmen überein mit dem, was ich in den Jahren 1889 und 1898 in der Astronomischen Vierteljahresschrift darüber gesagt habe. An diesen Stellen sind übrigens auch noch einige weitere Überlegungen über diese Fragen zu finden.

Was die speziellen Bemerkungen betrifft, so müssen wir uns vor allem gegen einen Rechenfehler wehren, der Herrn Boys in Bezug auf den Genauigkeitsgrad unserer Versuche passiert ist. Er giebt den Unterschied zweier Gruppen von Versuchen bei uns zu 7‰ an, während derselbe nur 5‰ ist, und darauf kommt es sehr wesentlich an; denn wäre 7‰ richtig, so wäre unsere Angabe des wahrscheinlichen Fehlers der Dichtigkeit der Erde

$$\varDelta = 5{,}505 \pm 0{,}009$$

illusorisch, was thatsächlich keineswegs der Fall ist. An seine Kritik knüpft Herr Boys Verbesserungsvorschläge für unsere Methode an. Dieselben decken sich zum Teil mit unseren eigenen, die wir am Schlusse unserer Arbeit in einem Bericht an die Akademie niedergelegt haben, der aber nicht zur Publikation bestimmt war. Andere allerdings sind auch in unserer ausführlichen Publikation enthalten. Auf einen derselben möchte ich eingehen.

Die Grenze der Genauigkeit war zum Teil durch die Temperaturdifferenzen in dem Beobachtungslokal gegeben. Herr Boys schlägt deshalb vor, in einen noch tieferen Raum hinein zu gehen. Damit würden wir nicht einverstanden

sein; denn in tief gelegenen Räumen hat man grosse Schwierigkeiten zufolge des Feuchtigkeitsgehalts der Luft. Wir haben unsern Raum mit konzentrierter Schwefelsäure austrocknen müssen. Wir würden jedem, der eine konstante Temperatur braucht, etwa eine solche Anordnung empfehlen, wie sie in dem Komparatorsaal des Kais. Normal-Aichungsamtes in Berlin vorhanden ist; der Saal kommt nirgends mit der äusseren Luft in Berührung und hat eine zweifache Wandung, deren Zwischenraum auf konstanter Temperatur gehalten werden kann.

Weiter äussert Herr Boys ein Misstrauen gegen die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate. Aber sie erscheint doch wohl besser, als die Methode des Herrn Boys; er stellt nämlich seine Beobachtungen zusammen, sucht die besten aus und verwirft einfach die andern. Wie leicht sich da ein Irrtum einschleichen kann, zeigen z. B. die Versuche von Cornu und Baille, die die Dichtigkeit der Erde auch mit der Drehwage bestimmt haben; sie fanden aus der einen Gruppe von Beobachtungen den Wert 5,56, aus der andern 5,50. Diesen zweiten Wert verwarfen sie vollständig und behielten den ersten bei. Nun liegt nach den gegenwärtigen Resultaten der richtige Wert wohl ziemlich sicher zwischen dem unsrigen 5,505, und 5,527, den die Versuche von Boys mit der Drehwage gegeben haben. Der Wert 5,50 wäre also besser gewesen, als der andere; natürlich wäre es allein richtig gewesen, beide Werte beizubehalten. Herr Boys bezeichnet als Vorzug seiner Methode die gute Übereinstimmung, welche die Ablenkung seiner Drehwage bei den verschiedenen Beobachtungen zeigt, während unsere Wägungen einen solchen Grad von Übereinstimmung nicht zeigen. Aber bei uns sind andererseits die zur Verwendung kommenden Massen und ihre Abstände relativ gross, so dass sie mit einer Sicherheit bestimmt werden können, die weit über die der eigentlichen Gravitationswirkung, nämlich der Gewichtsdifferenzen hinaus geht.

Bei den neueren Versuchen mit der Drehwage gravitieren dagegen verhältnismässig kleine Massen in kleinen Abständen, und bei diesen Versuchen kommt die Sicherheit dieser Abstände ganz erheblich in Betracht, und wenn inhomogene Stellen in den Massen vorhanden sind, so kann es vorkommen, dass die Messung der Abstände von illusorischer Sicherheit wird. Was weiter die gute Übereinstimmung der verschiedenen Bestimmungen mit der Drehwage betrifft, so kommt es nach unserer Meinung wesentlich darauf an, dass man mit verschiedenen Methoden Werte von guter Übereinstimmung bekommt. Stellen wir einmal die Werte zusammen, welche den besten neueren Bestimmungen entsprechen:

Poynting (gewöhnliche Wage):	5,493
Spandauer Versuche (Wage mit 2 × 2 Schalen):	5,505
Drehwage von Boys und Pater Braun:	5,527
Wilsing mit besonders konstruiertem Pendel:	5,577

Die Übereinstimmung ist zwar besser, als sie vor etwa zehn Jahren war; aber sie ist doch nicht so, wie man es nach Maassgabe der Zuverlässigkeit der Methoden in sich erwarten dürfte. Man wird daher nach Erklärungen dafür suchen müssen, und wird auch suchen müssen, die Nichtübereinstimmung zu beseitigen. Einen Grund dafür will ich, jedoch nur als Vermutung, angeben.

Die Versuche sind sämtlich in höheren Breiten angestellt, wo die vertikale Komponente der magnetischen Kraft über ihre horizontale überwiegt. Nehmen wir nun an, dass Spuren magnetischen Materials vorhanden waren, so würde es darauf ankommen, ob die gravitierenden Massen vertikal übereinander oder horizontal neben einander sich befanden. Bei den Wägeversuchen befanden sie sich immer vertikal über einander. Hier würden wir die Gravitationskonstante zu gross erhalten und Δ daher zu klein. Bei Versuchen mit der Drehwage befinden sich die Massen nebeneinander, und ebenso bei dem Pendel von Wilsing. Hier würde die magnetische Polarisation so wirken, dass man einen zu kleinen Wert der Gravitationskonstante und einen zu grossen Wert von Δ erhalten würde. Bei Wilsing waren die fest stehenden Massen noch dazu Eisenmassen; vielleicht rührt daher die grössere Abweichung. Jedoch wie gesagt, das ist nur eine Vermutung; jedenfalls aber ist die Frage erst abgeschlossen, wenn nach verschiedenen Methoden derselbe Wert gewonnen wird.

Keine Diskussion.

(Von den Vortragenden durchgesehenes Referat von Dr. B. Borchardt.)

(Eingegangen 3. November 1900.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

P. Villard, Die Kathodenstrahlen. 23 Seiten.

Herr Villard hat versucht in seinem Referat eine gedrängte Übersicht über das Gebiet der Kathodenstrahlen und der damit zusammenhängenden Erscheinungen (Kanalstrahlen, Röntgenstrahlen) zu geben. Fragt man sich, ob es Verfasser gelungen ist, seiner Aufgabe in einigermassen befriedigender Weise gerecht zu werden, so kann die Antwort, glaube ich, nur negativ ausfallen. Die Vollständigkeit lässt überall zu wünschen übrig; den Aussagen auf der einen Seite wird häufig bereits auf der nächsten widersprochen; z. B. wird bei der Besprechung der Emissionshypothese (ballistische Hypothese) ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Strahlteilchen von sämtlichen bekannten materiellen Teilchen verschieden sein müssten und doch spricht Verfasser zum Schluss gleichsam als Krönung des Ganzen die Ansicht aus, „man könne es als eine ganz annehmbare Hypothese betrachten, dass die strahlende Materie aus Wasserstoff bestehe." Andere nicht minder krasse Widersprüche sollen bei Besprechung der einzelnen Abschnitte des Referates aufgedeckt werden.

Verfasser beginnt mit einer kurzen Besprechung der beim Evakuieren einer Röhre auftretenden Erscheinungen bis zum Auftreten der Kathodenstrahlen. Dann folgen Betrachtungen über die eigentümlichen Widerstandsverhältnisse einer Entladungsröhre, wobei die Diskontinuität des Stromes auf Grund der Versuche von M. Cantor[1]) als Thatsache hingestellt wird. Ein grosses Fragezeichen scheint mir hier einstweilen noch am Platze. Dass ein Gas unterhalb einer gewissen Spannung überhaupt nicht leitet, ist nach den neueren Versuchen der Herren Elster und Geitel[2]), wohl auch nur cum grano salis zu verstehen (die zitierten Versuche des Herrn Bouty[3]) scheinen mir über bereits Bekanntes kaum hinauszugehen). Zum Schluss der Einleitung wird der Einfluss einer Erhitzung der Kathode auf das Gefälle sowie die Erscheinung der Querströme besprochen.

Es folgt nunmehr die Besprechung der Kathodenstrahlen; die beim Evakuieren eintretende Änderung der Ausbreitung des Glimmlichtes sowie der von einer Hohlkathode ausgehenden Strahlung wird an Hand einer von Crookes[4]) gegebenen Darstellung besprochen. Obgleich hierbei ausdrücklich darauf hingewiesen wird, dass der Schnittpunkt des von der Hohlkathode ausgehenden Bündels sich mit abnehmendem Druck von der Kathode entfernt, wird wenige Zeilen weiter gesagt, dass die Strahlen sich genau geradlinig fortpflanzen. (Thatsächlich ist diese Geradlinigkeit in dem elektrischen Felde in der Nähe der Kathode nicht vorhanden; sonst wäre auch das Fortrücken des Schnittpunktes unverständlich.)

1) Wied. Ann. **67**, 481, 1899.
2) Phys. Zeitschr. **1**, 11, 1899.
3) J. de phys. **9** (Ser. 3), 10, 1900.
4) Phil. Trans. **170**, 135, 1879.

Die folgenden Spezialbetrachtungen mögen mit ihren jeweiligen Überschriften hier besprochen werden:

Phosphorescenzvorgänge: Enthält die Aufzählung einer Reihe besonders stark phosphorescierender Körper.

Geradlinige Ausbreitung der Kathodenstrahlen: Hier folgert der Verfasser aus der Schärfe des Schattens eines in den Weg der Strahlen gebrachten Körpers, dass die Strahlen nur von einem Punkte der Kathode ausgehen. (Thatsächlich gehen, wenigstens bei nicht zu niedrigen Drucken, die Strahlen von der ganzen Kathode aus, aber von jedem Punkte nur in einer Richtung.)

Mechanische Wirkungen: Hier werden die bekannten Crookesschen Mühl- und Reaktionsrädchen als Beweis für einen mechanischen Effekt der Kathodenstrahlen angeführt (dass diese Versuche nicht beweisend sind, folgt aus einem, soviel ich weiss, von E. Wiedemann angegebenen Versuch, das Rädchen während des Stromdurchganges festzuhalten und erst nachher loszulassen. Es rotiert auch dann in demselben Sinne; offenbar haben wir es hauptsächlich mit einer blossen Wärmewirkung zu thun, die die Luftreste in Bewegung setzt. Dazu kommen noch elektrostatische Wirkungen unkontrollierbarer Art. Dass die theoretisch mögliche mechanische Einwirkung so klein ist, dass sie nur mit den allerfeinsten Hilfsmitteln beobachtet werden kann, ist neuerdings durch H. Starke[1]) theoretisch und experimentell nachgewiesen worden, doch war diese Arbeit zur Zeit der Abfassung des Villardschen Referates noch nicht publiziert).

Wärmewirkungen: Über die Wärmewirkungen weiss Verfasser bloss zu sagen, dass die Kathodenstrahlen Temperaturen bis zu 3600^0 hervorrufen können. Die messenden Untersuchungen von J. J. Thomson[2]) und W. Cady[3]) werden hier nicht genannt. Die Thomson-

1) Drudes Ann. **3**, 101, 1900.
2) Phil. Mag. **44**, 293, 1897.
3) Drudes Ann. **1**, 678, 1900.

schen Resultate werden allerdings weiter unten bei Berechnung der Geschwindigkeit besprochen.

Emission von Röntgenstrahlen: Die Fähigkeit der Elemente, unter dem Einfluss auftreffender Kathodenstrahlen Röntgenstrahlen zu emittieren wächst mit dem Atomgewicht (Roiti). (Ähnliche Versuche mit demselben Resultat sind auch vom Referenten[1]) angestellt.)

Chemische Wirkungen: Es wird die von Goldstein[2]) entdeckte Färbung bestrahlter Salze beschrieben, sowie die sich daran anschliessenden Arbeiten von E. Wiedemann und G. C. Schmidt[3]) (über die alkalische Reaktion) und von Elster und Geitel[4]) (über die photoelektrische Empfindlichkeit der gefärbten Salze). Verfasser knüpft daran die Besprechung einiger eignen Beobachtungen[5]) über die „reduzierende Wirkung der Kathodenstrahlen". (Ich halte es vorläufig noch für fraglich, ob man es hier mit einer spezifischen Wirkung der Kathodenstrahlen zu thun hat; es kann sich ebensogut um gewöhnliche Elektrolyse handeln. In dem angeführten Falle der Reduktion von Kupferoxyd zu Kupfer z. B. muss ja die von den Kathodenstrahlen transportierte negative Ladung durch die Oxydschicht hindurchfliessen und da alle Metalloxyde elektrolytische Leiter sind, so muss sich hierbei Kupfer an der Oberfläche ausscheiden).

Unter die chemischen Wirkungen wird natürlich auch die von Lenard entdeckte Ozonisierung der bestrahlten Luft gerechnet.

Magnetische Ablenkung: Bei Erwähnung der magnetischen Ablenkung und ihrer Abhängigkeit vom Gasdruck resp. vom Potential der Elektroden zitiert Verfasser einen Vergleich von Crookes, dass sich die Strahlen verhielten wie die Flugbahn eines Geschosses bei veränderlicher Ladung. (Thatsächlich führt Crookes in seiner bekannten Schrift „Über strahlende Materie" diesen Vergleich nur an, um ihn sogleich als unzutreffend wieder fallen zu lassen, er erklärt vielmehr die Zunahme der Ablenkung bei zunehmendem Druck fälschlich durch den wachsenden Reibungswiderstand des Gases). Bei der nun folgenden Besprechung der theoretischen Bahnkurve im Magnetfelde citiert Verfasser bloss J. J. Thomson[6]); thatsächlich ist die theoretische Berechnung schon viel früher von E. Riecke[7]) und A. Schuster[8]) ausgeführt worden. Es folgt die Besprechung der vom Referenten[9]) gefundenen Proportionalität zwischen dem Krümmungsradius der Bahn und der Quadratwurzel des Elektrodenpotentials, woraus die Konstanz von e/m folgt. Auch den von Birkeland, E. Wiedemann und Wehnelt beobachteten und von Poincaré berechneten Erscheinungen in divergenten Magnetfeldern wird eine ausführliche Besprechung gewidmet.

1) Verh. phys. Ges. Berlin **16**, 116, 1897.
2) Wied. Ann. **54**, 371, 1895; **60**, 491, 1897.
3) Wied. Ann. **54**, 262, 1895; **64**, 78, 1898.
4) Wied. Ann. **59**, 487.
5) Journ. d. phys.
6) l. c.
7) Wied. Ann. **13**, 191, 1881.
8) Proc. Roy. Soc. **37**, 317, 1884.
9) Wied. Ann. **61**, 544, 1897.

Elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen: Es werden die Untersuchungen von Goldstein[1]), Majorana, Perrin[2]), J. J. Thomson[3]), Kaufmann und Aschkinass[4]) besprochen.

Über die Einwirkung eines elektrischen Feldes in Richtung der Strahlen scheint Verfasser nur die Arbeit von Perrin zu kennen, der die zur Beschleunigung der Strahlen wirksame Potentialdifferenz zu 40000 Volt bestimmte; eine derartige Angabe hat natürlich gar keinen Wert, da ja die Potentialdifferenz, wie Verfasser einige Seiten früher selbst anführt vom Gasdruck u. s. w. abhängt. Die Arbeiten von Des Coudres[5]), Kaufmann[6]) und Lenard[7]), von denen die letzteren beiden die Erscheinung quantitativ behandeln, scheinen dem Verfasser entgangen zu sein.

Abwesenheit gegenseitiger Abstossung: Hier hätte durch eine sehr einfache Rechnung nachgewiesen werden können, dass eine solche auch theoretisch nicht zu erwarten. Von experimentellen Arbeiten werden genannt: Crookes, seine Widerlegung durch E. Wiedemann und Ebert, Bernstein, Villard.

Elektrisierung der Kathodenstrahlen: Die Thatsache eines Elektrizitätstransportes durch die Strahlen ist von J. Perrin zuerst mit Sicherheit festgestellt. Gleichwohl hätten wohl auch die beweiskräftigen Versuche von W. Wien[8]) und Lenard[9]), die in einem sonst völlig nichtleitenden Vakuum angestellt sind, hier erwähnt werden dürfen.

Elektrisierung der Entladungsröhren: Verfasser bespricht die Potentialverteilung in der Röhre, namentlich die bei grosser Verdünnung eintretende Konzentration des Gefälles auf die Umgebung der Kathode und führt zum Beweise einige von ihm ausgeführte Demonstrationsversuche an. Besser wäre es wohl gewesen, hätte Verfasser hier die zahlenmässigen Resultate erwähnt, die von Hittorf[10]), Warburg[11]), A. Herz[12]), Graham[13]) u. a. gefunden worden sind.

1) Berl. Akad. Ber. 1876.
2) C. R. **121**, 1130, 1895.
3) l. c.
4) Wied. Ann. **62**, 588, 1897.
5) Verh. phys. Ges. Berlin 1898.
6) Wied. Ann. **65**, 431, 1898.
7) Wied. Ann. **65**, 504, 1898.
8) Verh. phys. Ges. Ges. Berlin **16**, 165, 1897.
9) Wied. Ann. **64**, 279, 1898.
10) Wied. Ann. **7**, 553, 1879; **20**, 705, 1883.
11) Wied. Ann. **40**, 1, 1890.
12) Wied. Ann. **54**, 244, 1895.
13) Wied. Ann. **64**, 49, 1898.

Dass, wie Verfasser angiebt, eine mit der Erde verbundene Hilfselektrode stets als Kathode wirkt, dürfte wohl kaum etwas mit der Potentialverteilung im Innern der Röhre zu thun haben, sondern vielmehr von Nebenumständen abhängen; wenn man annimmt, dass Röhre und Stromquelle sonst vollkommen isoliert sind, so muss sich der ganze Apparat wegen des leichteren Ausströmens der negativen Elektrizität in die Luft natürlich positiv laden, und dann wirkt jeder abgeleitete Körper als Kathode.

Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen: Es werden zuerst die Berechnungen der Geschwindigkeit von J. J. Thomson[1]) genauer besprochen und sodann ihre experimentelle Bestimmung durch E. Wiechert.[2]) Zusammenfassend zieht der Verfasser den Schluss, dass das elektrochemische Äquivalent der Kathodenstrahlen ca. 1000 mal kleiner als das des Wasserstoffes ist.

Magnetische und elektrische Dispersion: Nach Birkeland[3]) und Deslandres[4]) wird ein durch ein Induktorium erzeugtes Kathodenstrahlenbündel durch magnetische resp. elektrische Ablenkung in eine Reihe verschieden abgelenkter Strahlen zerlegt. Dass diese Zerlegung bei Benutzung einer konstanten Stromquelle nicht eintritt, ist bereits lange vor der zitierten Arbeit von J. Strutt vom Referenten[5]) nachgewiesen worden. Dass die verschieden abgelenkten Bündel zu verschiedenen Zeiten, resp. bei verschiedenem Potential erzeugt sind, beweist Verfasser durch einen sehr hübschen Demonstrationsversuch.

Versuche von P. Lenard[6]): Diese Versuche sind wohl so bekannt, dass sie hier nicht einzeln genannt zu werden brauchen; Verfasser giebt ihre Hauptresultate richtig an, wenn auch in etwas summarischer Weise.

Diffusion der Kathodenstrahlen: Die diffuse Reflexion der Kathodenstrahlen an festen Körpern sowie an Gasmolekülen wird erwähnt; dass ein durch Reflexion entstandenes, sekundäres Bündel qualitativ dieselben Eigenschaften hat, wie das primäre, wird vom Verfasser als von ihm gefunden dargestellt. Thatsächlich ist das eine längst bekannte Thatsache. (S. Goldstein, Berl. Ber. 1880.) Die messenden Untersuchungen von Swinton,[7]) Starke[8]) und Kaufmann[9]) sind wieder nicht erwähnt.

1) l. c.
2) Wied. Ann. **69**, 739, 1899.
3) Compt. Rend. **123**, 52, 1899; **126**, 228, 1898.
4) Compt. Rend. **126**, 945 und 1247, 1897; **125**, 373, 1897; **127**, 1210, 1898.
5) Wied. Ann. **61**, 546, 1897.
6) Wied. Ann. (1894—1898) **51**, 225; **52**, 23; **56**, 255; **63**, 253; **64**, 279; **65**, 504.
7) Proc. Roy. Soc. **64**, 395, 1899.
8) Wied. Ann. **66**, 49, 1898.
9) Wied. Ann. **69**, 95, 1899.

Sekundäre Emission: Nach Goldstein[1]) wirkt jede Verengerung der Röhre wie eine Kathode.

Durchgang durch dünne Schichten: Verfasser schliesst sich der Ansicht von J. J. Thomson an, dass die Strahlen nicht wirklich hindurchgehen, sondern auf der anderen Seite neu emittiert werden und führt als Beweis eigene Versuche an, dass die „hindurchgegangenen" Strahlen von der durchsetzten Schicht „stets in senkrechter Richtung ausgingen". (Wie diese Behauptung mit den Resultaten Lenards in Einklang gebracht werden soll, die Verfasser doch oben genau richtig beschreibt, ist Referent unverständlich. Hier müssen Versuchsfehler gröblichster Art vorwalten.)

Kanalstrahlen: Die von einer durchlöcherten Kathode nach rückwärts ausgehenden Goldsteinschen[2]) „Kanalstrahlen" nennt Verfasser „magnetisch und elektrisch nicht merklich ablenkbar". (Wie von W. Wien[3]) gezeigt worden ist, ist die elektrische Ablenkbarkeit, von derselben Ordnung, wie die der Kathodenstrahlen, die magnetische allerdings viel schwächer.)

Jaumannsche Interferenzflächen: Es wird, und wohl mit Recht, die Jaumannsche[4]) Versuchsanordnung bloss kurz beschrieben. Die weitgehenden Schlüsse des Herrn Jaumann scheinen auch dem Referenten bei der Kompliziertheit der ganzen Anordnung einstweilen ungenügend fundiert.

Unablenkbare Kathodenstrahlen: Was hier unter Berufung auf J. J. Thomson als unablenkbare Kathodenstrahlen bezeichnet wird, dürften doch wohl bloss die auf die Kathode zuwandernden positiven Teilchen (vom Verfasser im folgenden Abschnitt „afflux cathodique" genannt) sein. Referent wenigstens ist es nie gelungen, etwas Anderes in der Röhre zu entdecken.

Formation und Emission der Kathodenstrahlen. Verfasser führt hier seine eigenen Untersuchungen an, dass der „Widerstand" einer Röhre bloss von dem Querschnitt des Kathodenstrahlenbündels an seinem Ausgangspunkt abhängt. Er geht sodann auf die Natur der auf die Kathode zuwandernden positiven Teilchen ein, die eine durchlöcherte Kathode zu durchsetzen vermögen und jenseits die „Kanalstrahlen" bilden. Hierbei wird behauptet, dass letztere ihre Ladung beim Durchtritt durch die Kathode abgegeben hätten, da sie einem elektrisch geschirmten Faradayschen Cylinder keine Ladung mitteilten. (Die Irrigkeit dieses Schlusses erhellt aus der von W. Wien (l. c.) nachgewiesenen elektrischen Ablenkung und positiven Ladung der Kanalstrahlen. Das

1) Berl. Akad. Ber. 1880, S. 88.
2) Berl. Akad. Ber. **39**, 691, 1886.
3) Verh. phys. Ges. Berlin **17**, 10, 1898.
4) Wied. Ann. **64**, 262, 1898; **67**, 741, 1898.

negative Resultat Villards erklärt sich wohl einfach aus der sehr grossen Leitfähigkeit der durchstrahlten Luft, die bei ungenügender Verdünnung eine merkliche Ladung überhaupt nicht aufkommen lässt. Beobachtet man galvanometrisch, indem man den auffangenden Cylinder durch ein empfindliches Galvanometer zur Erde ableitet, so erhält man bei ebenfalls abgeleiteter Kathode stets einen deutlichen Strom im positiven Sinne.)

Natur der strahlenden Materie: Hier wird folgender Schluss gezogen: Die Erscheinungen der Kathodenstrahlen, namentlich der Quotient e/m, sind unabhängig von der Natur des Gases in der Röhre. Die strahlende Materie muss also immer dieselbe sein. Ferner wirken Kathodenstrahlen reduzierend (?? Ref.). Nun ist aber der Wasserstoff das einzige chemisch einfache reduzierende Gas; da nun Wasserstoff in den Röhren fast immer vorhanden ist, und auch sonst sich durch manche Eigentümlichkeiten auszeichnet, so kann man, solange ein anderes reduzierendes einfaches Gas nicht entdeckt ist, wohl „die Hypothese als annehmbar bezeichnen, dass die strahlende Materie aus Wasserstoff bestehe".

Warum hat wohl Verfasser oben auseinandergesetzt, dass e/m für die Kathodenstrahlen etwa 1000 mal grösser ist, als für Wasserstoff? Zahlen sollen doch bekanntlich beweisen!

W. Kaufmann.

(Eingegangen 18. November 1900.)

R. Eötvös (Budapest), Studien über die Niveauflächen und die Änderung der Schwere und der magnetischen Kraft mit dem Ort. 23 S.

Der Verfasser berichtet über eigene oder durch ihn veranlasste Beobachtungen mit Hilfe der Drehwage.[1])

Zunächst handelt es sich um die Bestimmung der Variationen der Schwerkraft, welche den räumlichen Differentialquotienten erster Ordnung entsprechen. Sind X, Y, Z die Komponenten der Schwerkraft, bezogen auf ein rechtwinkliges Koordinatensystem, so bestehen zwischen den 9 Differentialquotienten dieser Art: $\partial X/\partial x$, $\partial X/\partial y$, $\partial X/\partial z$, $\partial Y/\partial x$ .... die vier Relationen $\partial Z/\partial y = \partial Y/\partial z$, $\partial X/\partial z = \partial Z/\partial x$, $\partial Y/\partial x = \partial X/\partial y$, $\partial X/\partial x + \partial Y/\partial y + \partial Z/\partial z = 2\omega^2$, von denen die drei ersten das Bestehen eines Potentials aussprechen und die vierte, in welcher ω die Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation bedeutet, den Einfluss dieser Rotation anzeigt. So bleiben für die experimentelle Bestimmung noch 5 Grössen. Zu diesen gehört die Variation der Schwere mit der Höhe, welche, wie Jolly zeigte, mittels der gewöhnlichen Wage gemessen werden kann. Der Verfasser verwendet nun die Drehwage, um die noch fehlenden 4 Unbekannten zu bestimmen. Entweder wird die gewöhnliche Form benutzt, bei der ein Faden ein horizontales Stäbchen mit zwei Gewichten an den Enden trägt, oder es wird eines der Gewichte nicht direkt, sondern mittels eines Fadens an dem Stäbchen befestigt, so dass es in eine tiefere Lage wie das andere kommt. Man beobachtet bei verschiedener azimutaler Orientierung entweder die Schwingungsdauer oder die Ablenkung der Drehwage relativ zum Gestell.

1) Vergl. Wied. Ann., 1896.

Um eine Anschauung von der Beschaffenheit der Apparate zu geben, werden einige Daten über einen Apparat mitgeteilt, der auf der Pariser Weltausstellung für die Beobachtung fertig montiert war. Der Aufhängefaden besteht aus Platin, ist 60 cm lang und 0,04 mm dick. Das 40 cm lange Querstäbchen trägt zwei Platingewichte von je 30 g, welche eine Höhendifferenz von 55 cm erhalten können. Die Schwingungsdauer ist 761 Sekunden. Zum Schutz gegen äussere Störungen dient eine doppelwandige Hülle von 2—4 mm dickem Messingblech mit etwa 10 mm Abstand der beiden Wände. So wird es möglich, trotz der ausserordentlichen Empfindlichkeit, selbst im Freien in einem einfachen Leinwandzelt sichere Resultate zu erhalten.

Mit Hilfe solcher Apparate ist es leicht, im Innern eines Hauses den Einfluss der Mauern u. s. w. nachzuweisen. Durch Beobachtungen auf dem Plateau eines vulkanischen Hügels bei Kis-Czell im westlichen Ungarn konnte gezeigt werden, dass entsprechend der Massenanordnung die Schwere nach der Mitte zu wächst. So hofft denn der Verfasser, dass seine Apparate wichtige Ergänzungen der Schwerebeobachtungen mittels des Pendels liefern können.

Von sehr grossem Interesse sind noch zwei andere Anwendungen der Drehwage durch den Verfasser, nämlich zur Prüfung der Newtonschen Sätze, 1) dass die Wirkung der Gravitation allein von der Masse, nicht von dem Material abhängt, und 2) dass zwischengeschaltete Masse die Wirkung nicht ändert.

Bekanntlich hat Bessel bei Gelegenheit seiner berühmten Pendelversuche gezeigt, dass bei den von ihm verglichenen Materialien die Gravitation bei gleicher Masse höchstens um etwa 1/100000 verschieden sein könnte. Dem Verfasser gelang es, diese Schärfe schon für den Vergleich von Gasen mit festen Körpern zu erreichen, für feste Körper aber die Bestätigung des Satzes bis auf etwa den 1/20000000 Teil zu treiben. Er benutzte dabei den Umstand, dass

die Schwerkraft auf der Erde sich als Resultante einer von der Gravitation herrührenden Komponente und der Centrifugalkraft darstellt, so dass, wenn der Newtonsche Satz nicht gälte, die Schwerkraft für verschiedene Materialien verschieden gerichtet sein müsste. Das Querstäbchen der Drehwage erhielt an seinen Enden zwei Gewichte von verschiedenem Material und wurde durch Drehen des ganzen Apparates nacheinander in die beiden entgegengesetzten Lagen quer zum Meridian gebracht. Dabei ergab sich keine Abweichung der Ruhelage relativ zum Gestell, und hieraus konnten die angegebenen Folgerungen gezogen werden. —

Zur Prüfung des zweiten Satzes wurden mittels eines Apparates, bei dem die beiden Gewichte in verschiedenen Höhen hingen, um die Zeit des Sonnenaufganges oder Unterganges Beobachtungen angestellt. Da dann die Erdschicht zwischen Sonne und unteres Gewicht um viele Kilometer dicker war, als zwischen Sonne und oberes Gewicht, und trotzdem keine Veränderung der Ruhelage zu bemerken war, liess sich folgern, dass durch eine Erdschicht von 1 Kilometer Dicke, die Wirkung der Gravitation nicht um 1/100000000 ihres Wertes geändert wird.

Den Schluss der Arbeit bilden einige Betrachtungen über die Verwendung der magnetischen Drehwage zur Untersuchung der räumlichen magnetischen Variationen. Es ist dem Verfasser hier noch nicht gelungen, die Apparate hinreichend empfindlich zu machen.

E. Wiechert.

(Eingegangen 19. November 1900.)

BESPRECHUNGEN.

V. Bjerknes, Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte nach C. A. Bjerknes' Theorie. Bd. I mit 40 Figuren im Text. XVI und 338 Seiten. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1900. Mk. 10.

Das Buch enthält eine systematische Darstellung der C. A. Bjerknesschen Theorie, über deren Inhalt bereits im Bd. I, S. 595 dieser Zeitschrift an der Hand des Bjerknesschen Kongressberichtes ausführlicher referiert wurde. Es wird demnach genügen, wenn ich mich hier auf einige Bemerkungen bezüglich der Gesamtauffassung und der Darstellungsform beschränke.

In der Einleitung wird an der historischen Entwicklung gezeigt, wie das Bedürfnis einer einheitlichen Auffassung der gesamten Naturerscheinungen immer rege gewesen ist und sich in den verschiedenen kinetischen oder dynamischen Theorien geltend gemacht hat. Zu solchen Erklärungsversuchen gehört auch die hydrodynamische Theorie der pulsierenden Kugeln, mittelst deren Bjerknes noch vor dem Aufkommen der modernen Elektrizitätslehre die scheinbaren Fernkräfte auf unmittelbare Nahewirkungen zurückzuführen suchte. Dieser Versuch scheint auch gegenwärtig wieder von besonderem Interesse durch seine enge Beziehung zur Hertzschen kräftelosen Mechanik als ein anschauliches Beispiel der von Hertz postulierten „cyklischen Systeme“ und „verborgenen Massen.“ Um aber über die Berechtigung und Tragweite solcher Theorien ein sicheres Urteil zu gewinnen, giebt es nur eine einwandsfreie Methode. Wir müssen versuchen, die verschiedenen aus einer Hypothese fliessenden Konsequenzen zunächst ohne jede Einmischung fremdartiger oder empirischer Nebenannahmen rein mathematisch zu entwickeln, um das so gewonnene Gesamtbild dann mit der Gesamtheit der thatsächlichen Erscheinungen vergleichen zu können. Diesem ersten, deduktiven Teile der Untersuchung ist das vorliegende Buch, der erste Band eines umfassenderen Werkes, ausschliesslich gewidmet; die Darstellung ist eine rein mathematische. Aus den hydrodynamischen Grundgleichungen werden die verschiedenen Erscheinungen abgeleitet, die in einem Systeme pulsierender und oscillierender Kugeln, umgeben von einer inkompressiblen Flüssigkeit, auftreten müssen: zunächst die Bewegungsformen der Flüssigkeit, dann die hierdurch bedingten hydrodynamischen Druckkräfte und schliesslich die Rückwirkung dieser Kräfte auf die Bewegung des Kugelsystemes in ihrer Analogie mit den empirischen Fernwirkungsgesetzen.

Die Darstellung ist klar und anschaulich, die mathematischen Entwicklungen werden möglichst elementar und ohne überflüssige Rechnung durchgeführt; die Übersichtlichkeit wird gewahrt durch eine deutliche Disposition und ein konsequentes System von Bezeichnungen. Nicht ohne Bedenken ist aber vielleicht im dritten Teil hin und wieder die komplizierte Terminologie, die Unterscheidung der Druckkräfte in „Induktions-“ und „Energiekräfte“, in „permanente und temporäre“, in „Lokalkräfte“ und „scheinbare Fernkräfte“, in „Selbstinduktion“, und „Fremdinduktion“, die ohne Verbindung mit den elektromagnetischen Analogien vielfach schwerverständlich ist und auf die Dauer ermüdend wirkt. Mathematische Ungenauigkeiten fehlen auch nicht ganz: in den Ausführungen von No. 39 scheint eine Ver-

wechselung der linearen Funktionen mit den homogenen erster Dimension vorzuliegen. Die analytischen Entwicklungen werden illustriert durch eine Anzahl sehr deutlicher Figuren, die meist die Strömung der Flüssigkeit veranschaulichen. Auch die schöne typographische Ausführung in Text und Formeln ist anerkennenswert. Nach allem kann das Buch als eine anregende wissenschaftliche Lektüre Mathematikern und Physikern empfohlen werden, auch wenn man in der Bjerknesschen Theorie nicht gerade einen besonders aussichtsreichen Versuch zur Schaffung einer physikalischen Hypothese erblicken sollte. E. Zermelo.

(Eingegangen 12. November 1900.)

A. Broca, La Télégraphie sans fils. Paris, Gauthiers-Villars. 1899.

Nach der Vorrede ist dieses Buch denjenigen gewidmet, die, „ohne Spezialisten zu sein, trotzdem die Fortschritte der Wissenschaft neugierig verfolgen, und auch denjenigen, die sich für die Fortschritte hinsichtlich ihrer Anwendung interessieren.“ Es soll speziell diejenigen aufklären, die die Nachrichten der Tageszeitungen über die drahtlose Telegraphie „für Enten von Zeitungsschreibern hielten und daher nicht daran glaubten. Andere hingegen glaubten etwas davon, waren jedoch erschreckt über die etwas an Zauberei gemahnenden Resultate.“ Man erwartet also ein populär-wissenschaftliches Werk im deutsch-englischen Sinne. Man glaubt, der Verfasser würde, etwa im Stile der Faraday-Lekture Helmholtz' die modernen Anschauungen über die Ausbreitung der elektrischen Wirkung in Dielectricis darlegen, er würde allmählich seinen Leser in die Faraday-Maxwellsche Begriffswelt einführen, ihn dann mit den Hertzschen Versuchen bekannt machen, und schliesslich von den Marconischen Versuchen sprechen. Aber leider ist es dem Verfasser nicht gelungen, das schwierige Problem, dieses so ausserordentlich dankbare Thema, in populärer Weise darzustellen, befriedigend zu lösen. Vielleicht trägt daran nicht zuletzt der Umstand die Schuld, dass in Frankreich eine populär-wissenschaftliche Publizistik grossen Stils, wie sie Deutschland durch Helmholtz, Mach, Bölsche u. a., England durch Huxley, Tyndall u. s. w. kennen gelernt hat, unbekannt ist.

Das erste Kapitel beginnt mit der Telegraphie mit Draht, d. h. mit dem Studium der Fortpflanzung der Elektrizität durch Leiter erster Klasse. Da wir nun über den Mechanismus dieser Fortpflanzung so gut wie gar nichts wissen, so ist Referent, im Gegensatz zur Meinung Brocas, der Ansicht, dass dies nicht gerade das rationellste Verfahren ist, einen Laien in das Gebiet einzuführen. Die weiteren Kapitel haben die Titel: Materielles Modell der Fortpflanzung der Energie (hydraulische und ähnliche Analogien); Vergleich der elektrischen mit den materiellen Erscheinungen; sich ausbreitende Schwingungen und Eigenschwingungen; Erzeugung rascher Schwingungen (Hertzsche Versuche, Sarasin, de la Rive u. a.); die Empfänger elektrischer Schwingungen; Induktionserscheinungen in Dielectricis; optische Analogien; drahtlose Telegraphie, Aufstellung der Apparate, Vor- und Nachteile. Als Anhang bringt dieses „populär“-wissenschaftliche Werk die mathematische Ableitung der Theorie der Fortpflanzung der elektrischen Wirkung entlang eines Leiters und speziell eines Drahtes, sowie die Ableitung der Thomson-Kirchhoffschen Gleichung für die oscillierende Entladung.

S. Guggenheimer.

(Eingegangen 26. Oktober 1900.)

R. Colson, Traité élémentaire d'Electricité avec les principales applications. Paris, Gauthiers-Villars. 1900.

Ein elementar gehaltenes Lehrbuch, das nach keiner Seite hin Besonderheiten bietet. Die Darstellungsmethode baut sich auf den alten Anschauungen auf; pädagogisch Neues ist nicht darin zu finden. Die Titelköpfe sind: Über die elektrischen Ströme; über elektrische Ladungen; Magnetismus; Elektromagnetismus; Induktion; Einheiten; Messmethoden und -Instrumente; Elektrizitätsquellen; Elektromotoren, Kraftübertragung; Transformatoren, Akkumulatoren; Licht- und Wärmewirkungen des Stromes; Elektrochemie; Verteilung der Energie; Telegraphie; Telephonie; Berechnungsbeispiele.

S. Guggenheimer.

(Eingegangen 26. Oktober 1900.)

E. Mascart, Traité de magnétisme terrestre. 8^0 441 S. Paris. Gauthier-Villars 1900. Preis M. 12.

Die Theorie des Erdmagnetismus hat in den letzten Jahren sich derart entwickelt, dass es, bei dem zerstreuten Erscheinen der einzelnen Arbeiten, schon dem engeren Fachmann schwer war, das ganze Feld zu überblicken. Von dem in vorhandenen Werken Gegebenen ist vieles längst veraltet, während die modernen Anschauungen und Beobachtungsverfahren nur dem relativ kleinen Kreise der speziellen Fachleute bekannt geworden sind. Mit vorliegendem Werke ist uns nun ein Handbuch gegeben, das

diese recht fühlbar gewordene Lücke auszufüllen sucht.

Da das Werk ein in sich abgeschlossenes sein soll, war es nötig, eine Reihe einleitender Kapitel vorauszuschicken, in denen die Theorie des gemeinen, des Elektromagnetismus und des Potentialbegriffes dargestellt wird, was auf eine klare und elegante Weise geschieht. Mit dem fünften Kapitel (S. 75) beginnt die Theorie der erdmagnetischen Messmethoden, mit dem Studium des ablenkenden oder schwingenden Magneten. Überall, wo die Dimensionen eines Magneten in Frage kommen, tritt in die Gleichungen statt der Länge die Poldistanz ein, weshalb die Bestimmung dieser Konstanten zunächst dargestellt wird. Hierbei sind dem Verfasser leider die Arbeiten Börgens nicht bekannt geworden, die zeigen, dass die wirksame Poldistanz bei Ablenkungsbeobachtungen eine Funktion der Entfernung beider Magnete ist. Dafür teilt Verfasser eine eigene experimentelle Bestimmungsmethode mit, aus Induktionswirkung auf eine Spule die Poldistanz zu bestimmen. Besondere Aufmerksamkeit wird jener Korrektion zugewendet, welche durch die Erdinduktion hervorgerufen wird. Bei den direkten Bestimmungsmethoden ist ein Verfahren des Verfassers beschrieben, das sich aber von der bekannten W. Weberschen Methode kaum unterscheiden dürfte. Einen beträchtlichen Raum nimmt die Entwickelung der Ablenkungsgleichung ein, namentlich die Ableitung der sogenannten Ablenkungskonstanten. Die Untersuchungen werden sowohl für die alte Gaussische Tangenten- als für die Lamontsche Sinusmethode durchgeführt. Verfasser hebt dabei die grossen Vorteile der Sinusmethode besonders hervor, die ja in der Folge die Tangentenmethode verdrängt hat. Weiterhin werden in diesem Kapitel betrachtet: die Torsionskorrektion (unifilar und bifilar), das Trägheitsmoment, die Schwingungsbeobachtungen, der Momentverlust mit der Zeit und der Temperaturkoeffizient. Bei dieser letzteren Korrektion ist, wie einst Wild bei einer zusammenfassenden kritischen Darstellung der bezüglichen Methoden gezeigt hat, die Hauptschwierigkeit in der Bestimmung der Magnettemperatur gelegen. Im Anschluss an die vom Verfasser mitgeteilten Beobachtungsmethoden, wo der Magnet in Bädern liegend ablenkt, möchte Referent an Eschenhagens oft vorgeschlagene und im Potsdamer Observatorium auch stets so ausgeführte Methode erinnern, den ganzen Raum zu erwärmen. Dass hat den Vorzug, dass die Temperatur bei der Konstantenbestimmung so auf die Messung einwirkt, wie sie das stets thut. Dabei muss die Lage des Thermometers zum Magneten ebenfalls dieselbe sein, wie bei den absoluten Messungen. Der berechnete Koeffizient bezieht sich dann auf diese Lage und die eigentliche Magnettemperatur braucht nicht bekannt zu sein.

Das Kapitel 6 beschäftigt sich mit der Bestimmung der Richtung des erdmagnetischen Feldes, d. h. der Deklination und der Inklination. Bei ersterer ist nichts zu erinnern. Bei der Besprechung der Nadelinklinatorien ist neben der Messung im Meridian auch die weniger angewandte Kotangentenmethode besprochen. Es dürfte allgemein bekannt sein, dass die Genauigkeit der Inklinationsbestimmung mit dem Nadelinklinatorium auch nicht annähernd so gross ist, als die der Deklinationsbeobachtungen. Als einzige direkte Instrumente muss man sie jedoch beibehalten. Weit exaktere Werte liefern die indirekten Methoden, die Messungen mit Erdinduktoren oder Rotationsinklinatorien. Entweder berechnet man hier die Inklination aus Galvanometerausschlägen (genannt ist die Methode von Wild, leider nicht die von K. Schering) oder man wendet Nullmethoden an und bestimmt am Teilkreis die Richtung der Induktorachse, wenn kein Strom mehr erzeugt wird. Letztere Art ist die genauere, weil Induktions- und Thermoströme nicht störend einwirken können.

Das folgende Kapitel befasst sich mit der Bestimmung der Horizontalkraft. Verfasser widmet hier längere Betrachtungen einer vergessenen Methode von Poisson, der einen Magneten abwechselnd nur im Felde der Erde und dann in dem eines anderen Magneten schwingen lässt. Weitere besprochene Methoden sind die Bestimmung von H mittels der Tangentenbussole, des Kohlrauschschen absoluten Bifilars, der Methoden von Gauss und der üblichen Theodolitbeobachtungen.

Das nächste Kapitel bringt die Besprechung der Variometer, zunächst der ganz alten Gambeyschen direkten Beobachtung der Bewegungen des Magnet-Endes mittels zweier Mikrometermikroskope. Darauf folgt die Besprechung des bekannten Mascartschen Systems. Die Aufstellung der Variometer im Observatorium im Park St. Maur wird als Muster besprochen; ausserdem wird noch das System des Magnetographen zu Kew erläutert. Leider fehlt eine Darstellung des Ineinandergreifens des registrierenden Systems und desjenigen für direkte Ablesung und damit die Ableitung der Basiswerte, obwohl doch nur diese die Grundlage aller anderen Messungen abgeben. Mit einem Kapitel über Reiseinstrumente schliesst der instrumentelle Teil des Werkes.

Es folgen Kapitel, die die Beobachtungsergebnisse besprechen und deren theoretische Verarbeitung mitteilen. Referent darf wohl in Hinweis auf seinen kürzlich in dieser Zeitschrift veröffentlichten Bericht über den heutigen Stand

der Theorie[1]) sich hier etwas kürzer fassen. Verfasser geht zunächst auf die Variationen ein, zeigt die Berechnung mit Hilfe der harmonischen Analyse und giebt hier mehrere interessante Rechnungsmethoden für den Fall, dass die Periode nur genähert bekannt ist. Bei der Säkularvariation werden namentlich die Untersuchungen von Schott erwähnt: leider fehlen jedoch die Resultate von Bauer und Carlheim-Gyllensköld, mithin die wichtigsten. Sehr ausführlich wird die tägliche Variation geschildert und zwar sowohl die der einzelnen Elemente, als auch der Komponenten. Hierbei wird ausser der gewöhnlichen Darstellung auch die Wiedergabe durch Vektordiagramme und andere Kurven angeführt. Es folgen die jährliche, die Mond- und die mit der Sonnenrotation und der Fleckenzahl zusammenhängenden Perioden. Entsprechend sind die Störungen und ihre Variationen behandelt. Den Schluss bilden Eschenhagens Elementarwellen.

Es folgt nun die Theorie des konstanten Feldes und seine Beschreibung; besonders gedacht wird der Bezoldschen Isanomalen und des sogenannten überbleibenden Feldes (Bauer), ferner werden besprochen die lokalen Anomalien und die Variation in Höhe (Liznar). Die eigentliche Theorie wird im zwölften Kapitel dargestellt. Hier kommen in Betracht: der Einfluss der Elliptizität der Erde, die Definition des normalen Feldes, das Potential für innere und äussere Kräfte, die Resultate der Rechnungen, wobei leider die von Ad. Schmidt herrührende nur erwähnt ist, dafür aber die weniger bekannte, aber wertvolle von Adams zahlenmässig vorgeführt wird; es folgt die Schuster-Bezoldsche Theorie der täglichen Variation, die Untersuchungen Lord Kelvins über die magnetische Wirkung der Sonne und die Beschreibung des Wildeschen Magnetariums, eines Apparats, der den magnetischen Zustand der Erde zu jeder beliebigen vergangenen Zeit darstellen soll.

Ein eigenes Kapitel ist den erdelektrischen Eigenschaften gewidmet. Zunächst wird die Luftelektrizität besprochen, ihre absoluten Werte, ihre Variationen, ihre Änderung mit der Höhe (nach Börnstein, Baschin und Le Cadet) und die Hypothesen über ihren Ursprung (namentlich der Einfluss der ultravioletten Strahlung). Es folgen die Polarlichter, ihre Höhen, die Lage der Kurven gleicher Häufigkeit der Sichtbarkeit und ihre Variationen; hier wird, was sehr notwendig war, auf die Verdeckung durch Mond und Sonne hingewiesen. Hierauf wird die Theorie von Paulsen erwähnt, wonach die von den Molekeln der Atmosphäre absorbierten Sonnenlichtstrahlen später als Polarlichter ausstrahlen. Bei der Besprechung der Erdströme vermisst man die einzige absolute Messmethode von W. Giese und die exakten Messungen von Lemström. Hochmodern ist der Paragraph über die vagabundierenden Ströme industrieller Anlagen. Den Schluss bilden die Notizen über den Zusammenhang mit Erdbeben.

Das Schlusskapitel des ganzen Buches ist dem Schiffsmagnetismus gewidmet.

Was das ganze Werk anbetrifft, so fällt namentlich die klare Darstellung und die Gleichmässigkeit der Bearbeitung der einzelnen Abschnitte auf, und es ist keine Frage, dass das Buch seinen Hauptzweck erfüllen wird, das Studium des Erdmagnetismus neu zu beleben.

A. Nippoldt.

(Eingegangen 10. November 1900.)

1) Vgl. 2, 108 u. 119, 1900.

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Büttner, Friedrich, Studien über die Greensche Abhandlung: Mathematical investigations concerning the laws of the equilibrium of fluids (1832). Gekrönte Preisschrift (Preisschriften der Fürstl. Jablonowskischen Gesellschaft 36) VI u. 98 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1901. Mk. 6.40.

Kayser, H., Lehrbuch der Physik für Studierende. Dritte verbesserte Auflage. Mit 336 in den Text gedruckten Abbildungen. X u. 584 S. Stuttgart, Ferdinand Enke. 1900. Mk. 11.—.

Personalien.

Ingenieur Hermann von der Centralstelle für wissenschaftliche Untersuchungen in Neubabelsberg ist als Professor der Elektrotechnik an die Technische Hochschule zu Stuttgart berufen worden.

Geheimer Regierungsrat Professor Rüdorff an der Technischen Hochschule in Berlin ist zur Wiederherstellung seiner Gesundheit für das Winterhalbjahr beurlaubt worden, seine Vertretung ist dem Dozenten Professor Dr. Stavenhagen anvertraut.

Von den Medaillen der Royal Society erhielt Professor Marcellin Berthelot (Paris) die Coplaymedaille „für seine glänzenden Verdienste um die chemische Wissenschaft", Professor Henry Becquerel (Paris) die Rumfordmedaille für seine Entdeckung der unsichtbaren Uranstrahlen. Ausserdem ist die Davymedaille Professor Wilhelm Körner für seine glänzenden Untersuchungen über die Theorie der aromatischen Verbindungen, eine „Königliche Medaille" dem Major Mac Mahon für seine Beiträge zur mathematischen Wissenschaft zuerkannt.

Die Akademie der Wissenschaften in München wählte den Professor der Physik an der Universität München Röntgen zum ordentlichen Mitgliede und den Professor Bütschli an der Universität Heidelberg zum korrespondierenden Mitgliede.

An der böhmischen technischen Hochschule in Prag habilitierte sich der Inspektor F. Formanek für Spektralanalyse.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 10. 8. Dezember 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über den Nachweis einer optischen Täuschung.

Von J. Drecker.

Bei der Bedeutung, welche die von Herrn Wind[1]) in dieser Zeitschrift besprochene optische Täuschung für die Beurteilung einer ganzen Reihe von Versuchen über angebliche Beugung von Röntgenstrahlen erlangt hat, und bei der unabweisbaren Sicherheit, mit der wir jene Streifen zu sehen glauben, scheint es mir angezeigt, einen Versuch mitzuteilen, der die Nichtrealität der Erscheinung überzeugend darthut. Stellt man sich nach der von Herrn Wind angegebenen Methode, das Streifenbild mittels zweier Spalte auf einem Schirm dar, und konstruiert man aus den geometrischen Verhält-

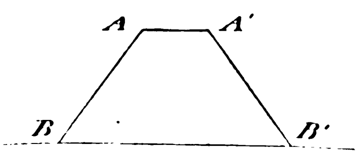


Fig. 1.

nissen, den Breiten der Spalte und den Entfernungen derselben voneinander und vom Schirm die Helligkeitsverhältnisse auf dem Schirm, so kommt man zu dem in Fig. 1 gezeichneten Diagramm; zwischen AA' ist die Helligkeit konstant, und sie fällt dann nach beiden Seiten bis BB' gleichmässig auf Null. Das Auge sieht aber bei A und A' die grösste Helligkeit, während die Mitte dunkler erscheint. Photographiert man das Bild auf dem Schirm, sei es, dass man auf dem Schirm ein Stück Bromsilberpapier anbringt, sei es, dass man das Bild mittels der Kamera aufnimmt, so sieht man im Photogramm dieselben hellen Linien. Fig. 2 ist ein positiver Abdruck eines mit der Kamera aufgenommenen Negativs. Für die Realität oder Nichtrealität der Erscheinung bietet das Photogramm an sich selbstredend keine Entscheidung. Ich habe nun die Helligkeitsverhältnisse, wie im oben gezeichneten Diagramm, auf anderem Wege hervorgerufen. Ein gleichmässig beleuchteter Spalt wurde

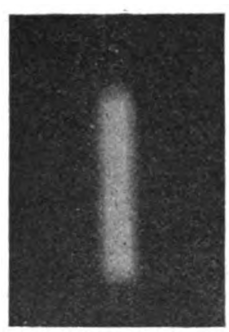


Fig. 2.

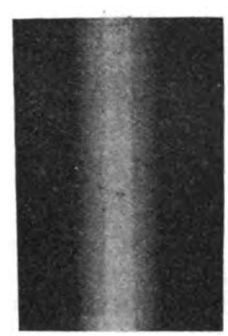


Fig. 3.

mittels Objektiv auf einen weissen Schirm projiziert, so dass das Auge einen gleichmässig hellen Streifen auf dunklem Grunde sieht, dabei treten keinerlei Streifen auf (ein Beweis dafür, dass die Machschen Streifen nicht durch blosse Kontrastwirkung zu erklären sind). Dann wird ein photographischer Apparat auf den Streifen eingestellt und gleichzeitig mit dem Öffnen des Objektivdeckels der Spalt symmetrisch nach beiden Seiten erweitert, nach 5 Sekunden wurde die Exposition beendet. Die Helligkeitsverhältnisse auf der Platte sind der Expositionsdauer (für so kleine Zeiten jedenfalls sehr genau) proportional, die Mitte des Bildes in der ursprüng-

1) Wind, Phys. Zeitschr. 1, 91 und 112, 1900.

lichen Breite wirkte 5 Sekunden und nach beiden Seiten nahm die Zeit bei gleichmässigem Drehen der Mikrometerschraube des Spaltes gleichmässig ab. Es ist also die Wirkung auf der Platte genau entsprechend dem Diagramm. Die entwickelte Platte zeigte dieselben Linien, wie sie bei dem Versuche Winds sich zeigen. Fig. 3 ist ein Abdruck derselben. Es ist hieraus zu schliessen, dass die hellen Linien nur durch die skizzierte Helligkeitsverteilung dem Auge vorgetäuscht werden, denn bei dem beschriebenen Versuch sind nur die Helligkeitsverhältnisse dieselben, hervorgerufen sind diese Helligkeitsverhältnisse auf grundverschiedenem Wege, insbesondere ist hier ein Grund zu einer etwaigen Beugung ganz ausgeschlossen.

Noch in anderer Weise überzeugt man sich von dem Mangel an Realität jener Streifen, wenn man ein photographisches Negativ des Bildes, welches recht kurz belichtet war, mikroskopisch betrachtet.

Sobald man die Vergrösserung so wählt, dass man nicht mehr einen grösseren Teil des Bildes übersehen kann, so verschwinden für das Auge die Streifen und man erkennt, wenn man das Bild quer durch das Gesichtsfeld zieht, die allmähliche Zunahme der Dichte der eingelagerten Silberkörner bis zum mittleren Teil AA', in welchem die Dichte konstant ist. Auch durch Zerschneiden eines Abdruckes auf Papier, am besten einer Vergrösserung auf Bromsilberpapier, lässt sich die Nichtrealität der Streifen nachweisen.

Aachen, 17. November 1900.

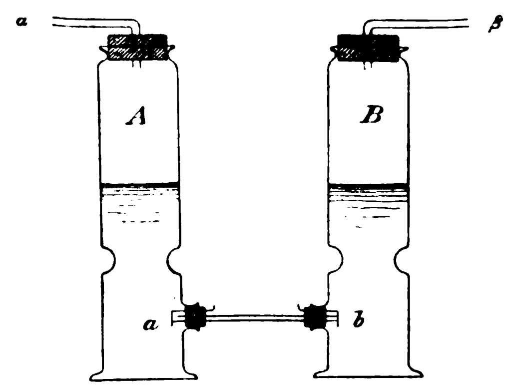
(Eingegangen 19. November 1900.)

Über die elektromotorische Kraft, welche durch die Bewegung einer Flüssigkeit in einer versilberten Glasröhre hervorgebracht wird.[1])

Von Constantin Zakrzewski.

Der Apparat, welcher zum Versuch diente, bestand aus zwei dickwandigen Glasgefässen (*A* und *B*), die durch eine innen versilberte Glaskapillare, welche in zwei Kautschukstopfen eingesetzt war, in Verbindung standen. Die Länge der Röhre betrug etwa 15 cm; ihr Durchmesser 0,2 mm. Zwei Platindrähte, an den Enden mit platinierten Elektroden aus demselben Metall versehen, durchsetzten die Stopfen (*a b*). Die Gefässe waren zur Hälfte mit Wasser gefüllt und mit Stopfen verschlossen, durch welche Messingröhren (α, β) hindurchgingen. Bald wurde nun die eine, bald die andere (mit Hilfe eines Kautschukschlauches) mit einem Gasregulator in Verbindung gesetzt, der in das Gefass Luft einliess, die in einer Eisenflasche komprimiert war und deren Druck auf etwa 2 Atmosphären reduziert wurde.

Vermöge dieses Druckes ging das Wasser durch die Kapillare von dem einen Gefäss ins andere.



Die Elektroden standen mit einem astatischen Thomson-Galvanometer in Verbindung.

Resultate:

Ein Wasserstrom ist stets von einem elektrischen Strome begleitet, dessen Richtung von derjenigen des Wassers abhängt.

1) Die elektromotorische Kraft des Stromes ist proportional der Druckdifferenz an den beiden Enden der Kapillaren. In einer Messreihe wurden die folgenden Zahlen erhalten:

Druck in Atmosphären (P.)	Elektromotorische Kraft in Volt (E.)
0,5	0,026
0,6	0,031
0,8	0,043

Verhältnis (E P.)
0,0052
0,0051
0,0054

2) Sie hängt ab vom Abstande der Elektroden von den Enden der Kapillaren; die Entfernung derjenigen, die sich in dem Gefässe mit geringerem Druck befindet, vermindert die elektromotorische Kraft;

Grösse von E in willkürl. Einheiten.	Abstand der Elektrode b vom Ende der Röhre.
33	3 mm
25	10 „
20	

Das Resultat kann als eine Bestätigung der Quincke-Helmholtzschen Hypothese[1]) angesehen werden, die den Ursprung der elektromotorischen Kraft durch Zerreissen der an der Grenze

1) Bull. de l'Académie des sciences de Cracocie, Juni 1900.

1) Helmholtz, Studien über elektrische Grenzschichten im 1. Bande seiner „Wissenschaftlichen Abhandl."

von Silber und Wasser befindlichen elektrischen Doppelschicht erklärt. Die Entfernung der Elektrode in dem Gefässe mit geringerem Druck hat die Wirkung, dass die Menge derjenigen elektrisierten Wasserteilchen vermindert wird, welche die Elektrode erreichen und ihr ihre Ladung mitteilen.

Eine zweite Ladung muss nun in der Silberschicht angenommen werden. In der That beobachtet man einen bestimmten elektrischen Strom, wenn man die eine Elektrode entfernt, das Galvanometer direkt mit der Silberschicht in Berührung bringt und wenn der Wasserstrom gegen die Elektrode gerichtet ist. Die elektromotorische Kraft nimmt nach Massgabe der Entfernung der Elektrode ab. Hat der Wasserstrom eine entgegengesetzte Richtung, so ist der elektrische Strom viel schwächer. In diesem Falle werden fast alle elektrisierten Teilchen in dem Gefäss zerstreut und eine äusserst kleine Menge derselben passiert die Röhre und giebt ihre Ladung an die Silberschicht zurück.

Es kommt zuweilen [zumal bei neuversilberten Röhren] vor, dass die elektromotorische Kraft des Stromes plötzliche Änderungen anzeigt, indem sie von einigen Tausendstel Volt auf einige Zehntel ansteigt oder umgekehrt. Es ist dies eine Wirkung der Widerstandsänderung der Röhre mit ihrem flüssigen Inhalt. Man kann dieselbe fast stets auf die anfängliche Grösse reduzieren, indem man in der Nähe der Röhre elektrische Funken überspringen lässt. Die Röhre mit ihrem flüssigen Inhalt verhält sich hier wie die von Branly (Kohärer) gegen elektrische Wellen.

Die elektromotorische Kraft hängt auch von der Dicke der Silberschicht ab; sie ist um so kleiner, je dicker die Schicht ist.

Die Hypothese von Quincke und Helmholtz erlaubt auch, das Vorzeichen der Elektrizität an der Grenze des Silbers in Abhängigkeit von der Stromrichtung abzuleiten. Bei den Versuchen mit Wasser ist die Elektrode in dem Gefässe mit geringerem Druck stets positiv, ein Beweis dafür, dass Wasser in Berührung mit Silber positiv elektrisch ist. Nimmt man eine $^1/_{100}$ normale Silbernitratlösung, so ist die Richtung der elektromotorischen Kraft der in reinem Wasser beobachteten entgegengesetzt, die positive Elektrode ist die in dem Gefäss mit höherem Druck befindliche. Beim Verdünnen der Lösung mit Wasser erhält man eine Verminderung der Galvanometerablenkung und wenn die Konzentration der Lösung etwa $^1/_{3000}$ normal ist, ist die Stromrichtung umgekehrt. Eine Silbernitratlösung, deren Konzentration, also $^1/_{3000}$ normal überschreitet, erhält also eine negative Ladung in Berührung mit Silber; ist die Konzentration kleiner als $^1/_{3000}$, so erhält die Silbernitratlösung eine positive Ladung.

Bei der Grenzkonzentration müssen wir annehmen, dass die Ladung Null ist. Die konzentrierten Lösungen des Silbersulfates und Acetats verhalten sich wie reines Wasser, sie erhalten eine positive Ladung.

Die durch Herrn Professor der Physik Witkowski angeregte Arbeit wird in qualitativer und quantitativer Hinsicht fortgesetzt.

(Aus dem Französischen übersetzt von E. Bose.)

(Eingegangen 21. November 1900.)

Über einen Prioritätsanspruch von Herrn E. Villari.

Von F. Kurlbaum.

Villari giebt in dieser Zeitschrift 2. Jahrgang S. 87 eine selektive Inhaltsangabe eines Teils meiner Arbeit: „Änderung der Emission und Absorption von Platinschwarz und Russ mit zunehmender Schichtdicke"[1]) und sagt am Schluss: „Aus vorstehendem geht deutlich hervor, dass sich die letzthin von Kurlbaum erlangten Resultate zusammen mit anderen in meiner Arbeit vom Jahre 1878 befinden."[2]) Hiergegen muss ich geltend machen:

1. Ich habe die Emission von Platinschwarz und Russ gemessen, Villari aber hat die Emission von Platinschwarz nicht gemessen.

2. Ferner habe ich die Emission der beiden Substanzen mit derjenigen des Kirchhoffschen schwarzen Körpers verglichen, während Villari die Emission der verschieden dicken Schichten von Russ und anderen Stoffen nur mit der maximalen Emission des Russes verglichen hat. Da nun Thermosäule und Bolometer mit Platinschwarz oder Russ überzogen zu sein pflegen, so ist man innerhalb des untersuchten Gebietes mit Hilfe meiner Resultate im stande, eine Korrektion für absolute Strahlungsmessungen abzuleiten, so dass man denselben Wert erhält, als hätte man mit einem absolut schwarzen Messapparat gemessen. Diese Korrektion, welche der eigentliche Zweck meiner Arbeit war, kann man aus der Arbeit von Villari nicht ableiten.

3. Schliesslich habe ich die Emission von Platinschwarz und Russ an so vielen verschieden dicken, durch ihr Gewicht möglichst definierten Schichten gemessen, dass ich zwei geschlossene Kurvenzüge zeichnen konnte, welche einen charakteristisch verschiedenen Verlauf ergeben. Im Anschluss an diese Kurven habe ich in

1) Ann. der Phys. 67, 846—58, 1899.

2) Atti dell' Accad. di Bologna Ser. III Bd. IX S. 145—172. Sul potere emissivo e sulla diversa natura del calorico emesso da diverse sostanze riscaldate a 100 gradi.

meiner Arbeit unter der Überschrift „Verschiedene Typen geschwärzter Flächen" S. 854—57 Betrachtungen angestellt, welche, wie ich jetzt betonen muss, neu sind, und welche Villari nicht anstellen konnte, da er den Verlauf der Kurven nicht kannte. Aus seinem Beobachtungsmaterial lässt sich wohl für einen Teil meiner Kurve die relative Höhe der Ordinaten ableiten, aber es können die zugehörigen Abscissen nicht angegeben werden.

In Anbetracht dieser drei wesentlichen Punkte kann ich der Behauptung Villaris, dass sich meine Resultate bereits in seiner Arbeit befänden, eine Berechtigung nicht zuerkennen.

Dagegen bin ich gern bereit, anzuerkennen, dass die Arbeit von Villari gegenüber den viel allgemeiner gehaltenen Resultaten von Leslie, Melloni, Knoblauch u. s. w. einen grossen Fortschritt bedeutete. Ebenso gern gebe ich zu, dass in meiner Arbeit viele Dinge als allgemein bekannt vorausgesetzt und besprochen werden, die von Villari und anderen gefunden sind, ich glaube sogar es vorzugsweise als Verdienst von Villari hinstellen zu können, dass seine Ansicht über die Abhängigkeit der Emission von der Schichtdicke innerhalb der letzten 20 Jahre Gemeingut aller Physiker geworden ist und jetzt jeder die von Villari gefundenen Thatsachen als bekannt ansieht. Deshalb habe ich es nicht für nötig gehalten, irgend eine der älteren Arbeiten zu zitieren, sondern habe nur die beiden neuesten Arbeiten auf diesem Gebiete zitiert, die von Crova und Compan,[1]) welche die gleiche Methode, wie ich angewandt haben, und die von Knut Ångström,[2]) welcher eine ganz andere Methode anwandte.

1) Crova et Compan. Sur le pouvoir absorbant du noir de fumée pour la chaleur rayonnante. Compt. rend. **126**, 707—710. 1898.

2) Knut Ångström, Absorptionsvermögen geschwärzter Körper. Verhandl. der Akad. d. Wiss. zu Stockholm, **5**, 283—295, 1898.

(Eingegangen 22. November 1900.)

Über mögliche Ätherbewegungen.

Von W. Wien.

Herr G. Mie hat die Behauptung aufgestellt, dass die von Helmholtz gemachte Annahme, dass die Trägheit des Äthers Null sei, unvereinbar ist mit der Thatsache, dass der Poyntingsche Vektor Wirbelstellen besitzt.

Obwohl ich nun, wie ich schon in meinem Düsseldorfer Referat ausgesprochen habe, mit Herrn Mie darin übereinstimme, dass die Helmholtzsche Annahme zu Widersprüchen führt, so muss ich doch darauf hinweisen, dass sich dies Ergebnis nicht daraus schliessen lässt, dass der Poyntingsche Vektor Wirbelstellen besitzt.

Um die Art der Schlussweise des Herrn Mie genau zu prüfen, gehen wir von Gleichungen aus, die Helmholtz für den Fall abgeleitet hat, dass der Äther eine reibungslose inkompressible Flüssigkeit ohne Trägheit sei.

Bedeuten α, β, γ die Komponenten der Geschwindigkeit, x, y, z die Koordinaten eines Ätherteilchens, $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{Q}$, $\mathfrak{R}$ die Komponenten des Poyntingschen Energiestroms, A die reziproke Lichtgeschwindigkeit, so lauten die Helmholtzschen Gleichungen, wenn unter P der hydrostatische Druck verstanden wird:

$$0 = \frac{\partial P}{\partial x} + A\left[\frac{\partial \mathfrak{P}}{\partial t} + \beta\left(\frac{\partial \mathfrak{P}}{\partial y} - \frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial x}\right) - \gamma\left(\frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial x} - \frac{\partial \mathfrak{P}}{\partial z}\right)\right]$$

$$0 = \frac{\partial P}{\partial y} + A\left[\frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial t} + \gamma\left(\frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial z} - \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial y}\right) - \alpha\left(\frac{\partial \mathfrak{P}}{\partial y} - \frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial x}\right)\right] \qquad 1.$$

$$0 = \frac{\partial P}{\partial z} + A\left[\frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial t} + \alpha\left(\frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial x} - \frac{\partial \mathfrak{P}}{\partial z}\right) - \beta\left(\frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial z} - \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial y}\right)\right]$$

Wir wollen nun der Kürze halber die „Wirbel" des Poyntingschen Energiestroms $\frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial z} - \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial y}$, $\frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial x} - \frac{\partial \mathfrak{P}}{\partial z}$, $\frac{\partial \mathfrak{P}}{\partial y} - \frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial x}$ mit ξ, η, ζ bezeichnen.

Eliminieren wir aus der Gleichung 1) P durch Differenzieren nach den Koordinaten und subtrahieren von je zwei Gleichungen, so erhalten wir

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}(\beta\xi - \alpha\eta) - \frac{\partial}{\partial z}(\alpha\zeta - \gamma\xi) = 0$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z}(\gamma\eta - \beta\zeta) - \frac{\partial}{\partial x}(\beta\xi - \alpha\eta) = 0 \qquad 2)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\alpha\zeta - \gamma\xi) - \frac{\partial}{\partial y}(\gamma\eta - \beta\zeta) = 0$$

Wenn zu einer Zeit ξ, η, ζ und ihre Differentialquotienten nach den Koordinaten überall Null sind, so verschwinden hiernach auch $\frac{\partial \xi}{\partial t}$, $\frac{\partial \eta}{\partial t}$, $\frac{\partial \zeta}{\partial t}$. Es verschwinden dann ξ, η, ζ immer. Die Existenz von Null verschiedener Werte von ξ, η, ζ ist daher mit den Gleichungen 2) nicht vereinbar, wenn diese Werte für irgend eine Zeit überall verschwinden.

Dasselbe lässt sich aber nicht für solche Fälle sagen, wo die ξ, η, ζ niemals verschwinden. Das letztere ist nun aber meistens der Fall. Bei allen fortlaufenden Störungen z. B. verschwinden die ξ, η, ζ niemals überall.

In diesen Fällen kann man auch nicht sagen, die Existenz des Poyntingschen „Wirbels" wäre ohne weiteres mit der Gleichung 2) unvereinbar. Es bedarf deshalb auch hier besonderer Beispiele, bei denen Werte von ξ, η. ζ vorhanden sind, die zu einer Zeit überall verschwinden. Ein solches Beispiel bildet stehende Wellen an einem Draht von unendlichem Leitungsvermögen.

Hier verschwinden zu bestimmten Zeiten die elektrischen Kräfte überall und dann ist auch der Poyntingsche Wirbel Null. Dann sind in der That die Gleichungen 2) nicht erfüllbar.

Wenn ich nun hier die Schlussweise des Herrn Mie zwar nicht als genau anerkennen, aber doch in ihrem Ergebnis bestätigen kann, so muss ich seinen weiteren Ausführungen, wo er auf Grund gewisser Experimente das Eintreten von Ätherströmungen erwarten zu müssen glaubt, entgegentreten.

Wenn man, wie es in der Ableitung der Gleichungen 2) geschieht, von äusseren Kräften absieht, so muss, wenn man irgendwo ein elektromagnetisches Feld sich entwickeln lässt, ein solches schon vorher an einem andern Orte bestanden haben. Denn aus den Maxwellschen Gleichungen folgt, dass, wenn die elektrischen und magnetischen Kräfte zu einer Zeit überall verschwinden, sie immer gleich Null bleiben. Wenn man andererseits Strömungen im Äther nachweisen will, so muss man sich vergewissern, dass diese Strömungen aus den Gleichungen 1) notwendig folgen, und es genügt nicht, dass diese Strömungen mit den Gleichungen 1) nur verträglich sind. Denn wenn mit diesen Gleichungen ebensogut das Fehlen von Strömungen verträglich ist, so lässt sich aus einem thatsächlichen Ausbleiben solcher Strömungen nichts schliessen.

Da ein ganz masseloser Äther nach dem oben Besprochenen ausgeschlossen werden muss. so fügt Herr Mie auf der linken Seite der Gleichungen 1) die von der Trägheit herrührenden Glieder ein, nämlich $s\left(\frac{\partial\alpha}{\partial t}+\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial x}+\beta\frac{\partial\alpha}{\partial y}+\gamma\frac{\partial\alpha}{\partial z}\right)$, wo s die Dichtigkeit des Äthers bezeichnet. Dann sind

$$s\alpha = A\mathfrak{P},\ s\beta = A\mathfrak{Q},\ s\gamma = A\mathfrak{R}$$

mögliche Integrale der Gleichungen 1). Herr Mie meint nun, dass bei der Herstellung eines statischen, aus geradlinigen einander senkrecht schneidenden elektrischen und magnetischen Kraftlinien bestehenden Feldes, sich die durch diese Gleichungen bestimmten Ätherströmungen herstellen müssten. Er beweist aber nicht, dass diese Strömungen die einzig möglichen sind, die sich immer herstellen, auf welche Weise sich auch das statische Feld ausbildet.

Wir wollen nun untersuchen, ob die Herstellung eines solchen Feldes überhaupt immer Ätherströmungen hervorzurufen braucht.

Wir betrachten ein Feld, bei dem die elektrische Kraft X parallel der x-Achse, die magnetische M parallel der Y-Achse verläuft.

Die Maxwellschen Gleichungen für ruhenden Äther beschränken sich dann auf die beiden Gleichungen

$$\frac{\partial X}{\partial z} = -A\frac{\partial M}{\partial t},\quad \frac{\partial M}{\partial z} = -A\frac{\partial X}{\partial t}.$$

Ein Integral dieser Gleichungen finden wir, wenn wir

$$X = \mathfrak{A}f\,(nt - mz) + Xo$$
$$M = \mathfrak{A}f\,(nt - mz)$$

setzen. Hier sind $\mathfrak{A}$, m, n Konstanten und $\frac{m}{n} = A$.

f ist eine beliebige Funktion eines Arguments.

Setzen wir

$$f\,(nt - mz) = arctg\,\varepsilon\,(nt - mz) + \frac{\pi}{2}$$
$$lim\,\varepsilon = \infty$$

so springt für wachsendem t der Wert von f bei $z = \frac{t}{A}$ von Null auf π. Bei $z = o$ werde ich also bei $t = o$ ein Feld haben, in welchem bisher $X = X_0$ und $M = o$ war, nun plötzlich aber die Feldstärke $X = \pi\mathfrak{A} + X_0$ und $M = \pi\mathfrak{A}$ herrscht.

Vor der Zeit $t = o$ hatten wir also für alle positiven z ein Feld $X = X_0$, wo gar kein Energiestrom vorhanden war. Nach dieser Zeit ist ein Energiestrom vorhanden, aber da der Wirbel des Poyntingschen Energiestroms Null ist, so ist überhaupt keine Ätherströmung notwendig. Es giebt also jedenfalls eine bestimmte, den Maxwellschen Gleichungen genügende Herstellungsart eines Feldes, bei dem sich die geraden elektrischen und magnetischen Kraftlinien senkrecht schneiden, wo eine Strömung des Äthers jedenfalls nicht notwendig einzutreten braucht und wenn Herr Mie bei seinen Versuchen ein negatives Ergebnis erhielt, so lassen sich daran jedenfalls zunächst gar keine Schlussfolgerungen knüpfen. Es müsste erst berechnet werden, ob die bestimmte von ihm gebrauchte Herstellungsweise des elektro-

magnetischen Feldes bestimmte Energieströmungen notwendig hervorrufen muss, ehe sich Schlüsse über die Dichtigkeit des Äthers daraus ziehen lassen.

(Eingegangen 22. November 1900.)

Form und Kraft der elektrischen Strömung, Energieumsatz in durchströmten Gasen.[1])

Von J. Stark.

Die vorliegende Mitteilung soll eine Fortsetzung sein der von mir gegebenen Beiträge[2]) zur Theorie der elektrischen Strömung. Die von mir vertretene Auffassung ist entwickelt an den Erscheinungen der elektrischen Strömung in Gasen. Da aber diese die allgemeinste Form annehmen kann, welche unsere Erfahrung kennt, so gelten die von mir vertretenen theoretischen Anschauungen ganz allgemein für jeden beliebigen Leiter; die elektrische Strömung in Metallen und diejenige in Elektrolyten sind Spezialfälle der allgemeinen Form der Strömung in Gasen.

1. Formen der elektrischen Strömung. — Wie früher, sei auch hier unterschieden zwischen einem Strom Jp der positiven Teilchen, einem Strom Jn der negativen und einem Gesamtstrom $Jg = Jp + Jn \cdot Jp$ ist die positive Elektrizitätsmenge, welche in der Zeiteinheit durch ein Flächenelement oder, wie hier immer angenommen sei, durch die Flächeneinheit (Stromdichte) hindurchgeht.

Es hält nicht schwer, für den nicht stationären Zustand die Gleichungen, die für den stationären gelten, zu erweitern. Hier soll nur die stationäre Strömung betrachtet werden; die für diese in Betracht kommenden Grössen sollen also keine Funktion der Zeit sein. Sind Jg_x, Jg_y, Jg_z die Komponenten der Gesamtströmung nach den drei Koordinatenachsen, so muss für den stationären Zustand die bekannte Beziehung gelten:

$$\frac{\partial Jg_x}{\partial x} + \frac{\partial Jg_y}{\partial y} + \frac{\partial Jg_z}{\partial z} = 0.$$

Der einfachste Fall der elektrischen Strömung ist der Rowlandsche mechanische Konvektionsstrom; führt die cyklische Rotation eines symmetrisch geladenen Körpers zeitlich konstant die Elektrizitätsmenge E mit der Geschwindigkeit C durch die Flächeneinheit, so ist die Gesamtströmung $Jg = E \cdot C$.

Die nächste, praktisch wichtigste Form ist der gewöhnliche Leitungsstrom. Durch die Kräfte Kp_1, $Kp_2 \cdots$ werden die positiven Teilchen in Bewegung gesetzt, durch Kn_1, $Kn_2 \cdots$ die negativen; die Bewegung erfolgt ohne Beschleunigung, grössere Geschwindigkeiten der elektrischen Teilchen treten nicht auf. Ist Np die Anzahl der positiven Teilchen, Nn die der negativen, e die Ladung, sind Vp und Vn die absoluten Beweglichkeiten der Teilchen (Geschwindigkeiten unter der Kraft Eins), so gelten folgende Beziehungen:

$$Jp = Np_1 \cdot e_1 \cdot Vp_1 \cdot Kp_1 + Np_2 \cdot e_2 \cdot Vp_2 \cdot Kp_2 + \cdots$$
$$Jn = Nn_1 \cdot e_1 \cdot Vn_1 \cdot Kn_1 + Nn_2 \cdot e_2 \cdot Vn_2 \cdot Kn_2 + \cdots$$
$$Jg = Jp + Jn$$

Die dritte Form ist der Ionenschuss.[1]) Hier nehmen die bewegten elektrischen Teilchen unter der Wirkung der an ihnen angreifenden Kräfte grosse Geschwindigkeiten an und behalten sie in den auf einanderfolgenden Leiterstücken zum Teil bei; hier tritt also neben dem Leitungsstrom noch ein Konvektionsstrom auf (er sei elektrisch genannt). Für diesen elektrischen Konvektionsstrom gelten folgende Beziehungen, wenn Ep bezw. En die Elektrizitätsmengen sind, die mit den Geschwindigkeiten Cp bezw. Cn durch den betrachteten Querschnitt schiessen.

$$Jp = Ep_1 \cdot Cp_1 + Ep_2 \cdot Cp_2 + \cdots$$
$$Jn = En_1 \cdot Cn_1 + En_2 \cdot Cn_2 + \cdots$$
$$Jg = Jp + Jn$$

Der allgemeine Fall der stationären elektrischen Strömung ist der, dass in demselben Leiter gleichzeitig ein mechanischer Konvektionsstrom und Ionenschuss (Leitungs- und elektrischer Konvektionsstrom) vorhanden sind. Fallen die drei Strömungen in dieselbe Richtung (x), so gilt im stationären Zustand:

$$Jg = Jp + Jn = E \cdot C + Np_1 \cdot e_1\, Vp_1 \cdot\cdot Kp_1 + \ldots + Nn_1 \cdot e_1\, Vn_1 \cdot Kn_1 + \cdots + Ep_1 \cdot Cp_1 + \cdots En_1 \cdot Cn_1 + \cdots$$

$$\frac{\partial Jg}{\partial x} = \frac{\partial Jp}{\partial x} + \frac{\partial Jn}{\partial x} = 0.$$

Bezüglich Erweiterung der vorstehenden Beziehungen für den zeitlich variablen Zustand sei darauf hingewiesen, dass in der bekannten Weise noch der Polarisationsstrom einzuführen ist.

2. Die Kraft der elektrischen Strömung. — In diesem Abschnitt sollen die Komponenten der Gesamtkraft K besprochen werden, welche an den Teilchen der elektrischen Strömung angreifen können. Es können hier offenbar nicht solche Kräfte in Betracht kommen, welche allen elektrischen Teilchen gleichgrosse und gleichgerichtete Geschwindigkeiten erteilen, sondern nur solche, welche an den positiven und negativen Teilchen verschiedene (nach Richtung und Grösse) Geschwindigkeiten hervorbringen.

Diejenige Kraft, welche in den meisten Fällen elektrischer Strömung wirksam ist, ist die elektrische, entspringend aus der Verteilung des elektrischen Potentials. Ihre Komponenten seien

1) Die hier in vorläufiger Form entwickelten Gedanken werden zusammen mit dem Inhalt früherer verwandter Mitteilungen Gegenstand einer ausführlichen Abhandlung in den Annalen der Physik sein.

2) Diese Zeitschr. **1**, 396, 430, 439, 1900; **2**. 4, 17, 1900. Ann. d. Physik **2**, 62, 1900; **3**, 241, 492, 1900

1) Vergl. diese Zeitschr. **2**, 132, 1900.

X, Y, Z. Die elektrischen Kräfte in dem Leiterstück ∂x können herrühren entweder von einer ausserhalb liegenden Elektrizitätsquelle oder von einer innerhalb ∂x liegenden wahren Ladung.[1]) Es seien demgemäss innere (Xi) und äussere (Xa) elektrische Kräfte unterschieden.

Ferner kann an den elektrischen Teilchen eine magnetische Kraft angreifen; ihre Komponenten seien A, B, C. Sind $\left(\frac{dx}{dt}\right)p$ bezw. $\left(\frac{dx}{dt}\right)n$ die Geschwindigkeiten der elektrischen Teilchen, so ist die an dem Teilchen e_1 in der Richtung x wirkende magnetische Kraft

$$e_1 \cdot \left[B \cdot \left(\frac{dz}{dt}\right)p_1 - C \cdot \left(\frac{dy}{dt}\right)p_1\right]$$

$\frac{dx}{dt}$ bezw. $\frac{dy}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$, lässt sich in folgende Teile zerlegen: 1. Wanderungsgeschwindigkeit im Leitungsstrom, 2. elektrische Konvektionsgeschwindigkeit, 3. Diffusionsgeschwindigkeit, 4. thermische Geschwindigkeit auf Grund der absoluten Temperatur, 5. relative mechanische Geschwindigkeit in Bezug auf Punkte mit konstanter magnetischer Feldstärke. Diesen verschiedenen Teilen entsprechen folgende Gruppen von Erscheinungen: 1. galvanomagnetische Effekte (Hall-Effekt), 2. magnetisches Verhalten der Kathoden- und Kanalstrahlen, 3. Erregung elektrischer Kräfte bei Diffusion senkrecht zu magnetischen Kraftlinien (noch nicht nachgewiesen), 4. thermomagnetische Effekte, 5. Induktion.

Drittens kann eine Kraft folgender Art auf die elektrischen Teilchen in dem Leiterstück ∂x wirken. Den elektrischen Teilchen ist ein osmotischer Partialdruck Dp bezw. Dn zuzuschreiben, der die bekannte Funktion der Anzahl der Teilchen und der absoluten Temperatur ist. Die infolge räumlich variablen osmotischen Druckes wirkenden Kräfte sind, $-\frac{\partial Dp}{\partial x}$ bezw. $-\frac{\partial Dn}{\partial x}$. Diese Gefälle der Partialdrucke treten hier allgemein an die Stelle gewisser sogenannter elektromotorischer Kontaktkräfte.

Endlich ist noch eine Kraft folgender Art einzuführen. Jedes einzelne elektrische Teilchen oder Ion ist umgeben von einem elektrischen Feld (Ionenfeld), dem eine gewisse potentielle Energie innewohnt. Ist das Ion von einem rings gleichartigen Medium umgeben, so ist das Ionenfeld nach allen radialen Richtungen gleichartig, es ist symmetrisch. Wenn jedoch das umgebende Medium räumlich variabel ist, so wird das Ionenfeld asymmetrisch. Und auf Grund dieser Asymmetrie erfährt es unabhängig von äusseren Kräften einen Bewegungsantrieb; die hierbei an der Ladung Eins des Ions wirkende Kraft sei mit Feldtrieb F_1 bezeichnet, eine für jedes Ion und jedes Medium individuelle Grösse. Die Bewegung des Ions erfolgt unter dem Feldtrieb so, dass die potentielle Energie des Feldes kleiner wird. Der hier gekennzeichnete Feldtrieb stellt diejenigen elektromotorischen Kontaktkräfte dar, die nicht auf osmotische Drucke zurückgeführt werden können.[1])

1) Vergl. diese Zeitschr. **2**, 132, 1900.

Im allgemeinen Fall ist nach dem Vorstehenden die in der elektrischen Strömung in der Richtung x an der Ladung Eins wirkende Kraft

$$(Kp_1)_x = X_i + X_a + B \cdot \left(\frac{dz}{dt}\right)p_1 - C \cdot \left(\frac{dy}{dt}\right)p_1 - \frac{1}{Np_1 \cdot e_1} \cdot \frac{\partial Dp}{\partial x} + (Fp_1)_x$$

3. Umsatz der Energie in durchströmten Gasen. — Die nachstehenden Betrachtungen besitzen nicht allgemeinen Charakter wie die obigen; sie beziehen sich auf durchströmte Gase; sie lassen sich indes ohne grosse Schwierigkeit allgemein ausgestalten.

Die Energieumsetzung in durchströmten Gasen exakt und erschöpfend darzustellen, ist Aufgabe der Thermodynamik. Hier sollen lediglich die leitenden Gedanken kurz entwickelt werden.

Die Arbeitsleistungen[2]) in der Strömung elektrischer Teilchen gegen magnetische Kräfte, die Gefälle der Partialdrucke und die Feldtriebe sollen hier nur erwähnt, aber, weil vermutlich klein, nicht näher betrachtet werden. Auf die Arbeitsleistungen gegen die Kräfte der inneren Ladungen habe ich bereits in einer früheren Abhandlung[3]) hingewiesen.

Abgesehen von den vorstehenden Energieumsetzungen sind noch folgende zu beachten. Es wird in durchströmten Gasen einmal die Energie des elektrischen Feldes in lebendige Kraft der elektrischen Teilchen und zuletzt in Joulesche Wärme verwandelt. Ein Teil der kinetischen Energie der elektrischen Teilchen wird (zusammen mit einem Teile der Feldenergie) bei der Ionisierung[4]) neutraler Teilchen in potentielle Energie der Ionisationprodukte in Bezug aufeinander verwandelt. An gewissen Stellen der Entladebahn kann diese potentielle Energie wieder in Form von Licht und Wärme erscheinen, wenn positive und negative Teilchen wieder zu elektrisch neutralen Gebilden zusammentreten.

Die Frage ist nun, wie sich diese Energieumsetzungen auf die Strombahn in einem Gase verteilen. Es liegt auf der Hand, dass alle Umsetzungen, speziell die Produktion von Joulescher Wärme, im allgemeinen längs der ganzen Strombahn, aber in variablem Masse stattfinden. Wir sind geneigt zu erwarten, dass die Temperatur an den Stellen, wo die elektrische Kraft oder der spezifische Widerstand ein Maximum bezw. ein

1) Vergl. W. Nernst, Zeitschr. f. phys. Chem. **4**, 176, 1889.
2) Zur Behandlung der hierhergehörigen Strahlung empfiehlt sich die Einführung des elektromagnetischen Feldes des einzelnen elektrischen Teilchens. Vergl. diese Zeitschr. **1**, 442, 1900.
3) Diese Zeitschrift **2**, 6, 1900.
4) Diese Zeitschrift **2**, 17, 1900.

Minimum besitzt, ebenfalls ein Maximum bezw. ein Minimum habe. Dies trifft in Wirklichkeit nicht genau zu, ja zum Teil ist gerade das Umgekehrte der Fall[1]). Zwei Vorgänge erklären diese Erscheinung.

Einmal die elektrische Konzentrationsänderung[2]). Die räumliche Variation der Stärke des positiven und des negativen Stromes bewirkt an Stellen der Kraftminima eine Anhäufung, an den Stellen der Maxima eine Verdünnung der positiven und negativen Teilchen. Dort erfolgt darum eine Entwicklung von Wärme und Licht aus der potentiellen Energie der positiven und negativen Teilchen in Bezug aufeinander, indem sich diese teilweise wieder zu elektrisch neutralen Gebilden vereinigen. An den Stellen der Kraftmaxima wird dagegen durch die elektrische Konzentrationsänderung solche potentielle Energie fortgeführt.

Dieser Vorgang, dass Energie an einer anderen Stelle als den Stellen der ursprünglichen Umsetzung auftaucht, wiederholt sich in dem gleichen Sinn noch in einer anderen Form. Bei dem gewöhnlichen Leitungsstrom erscheint die aus der Feldenergie gewonnene kinetische Energie der elektrischen Teilchen als Joulesche Wärme überall da, wo sie gewonnen wird. Beim Ionenschuss ist dies nicht mehr der Fall.[3]) Mit den dahinschiessenden Ionen[4]) tritt deren kinetische Energie aus Maximalstellen der Kraft in die Minimalstellen über und kommt hier als Joulesche Wärme oder Strahlungsenergie durch Zusammenstösse zum Vorschein, während nicht ein gleicher Energiebetrag von links und rechts in die Maximalstelle der Kraft durch den Ionenschuss eingeführt wird.

1) Diese Zeitschrift **2**, 6, 1900.
2) Diese Zeitschrift **2**, 4, 1900; Ann. d. Physik. **3**, 510, 1900.
3) Diese Zeitschrift **1**, 441, 1900.
4) Vergl. E. Riecke, Wied. Ann. **66**, 353, 1898.

Göttingen, 14. November 1900.

(Eingegangen 22. November 1900.)

Ueber eine bequeme Kompensationsmethode für kleine elektromotorische Kräfte.

Von Emil Bose.

Die Technik der elektrischen Messinstrumente ist in den letzten Jahren ausserordentlich vorgeschritten und hat Präzisionszeigerinstrumente geschaffen, die bei grosser Exaktheit ein ungemein bequemes Arbeiten ermöglichen. Ich habe nun in den letzten Semestern häufiger von einem solchen Instrument Gebrauch gemacht, um nach einem einfachen Kompensationsverfahren auch sehr kleine elektromotorische Kräfte zu messen und möchte dasselbe daher kurz skizzieren, da ich es nirgends in dieser einfachen Form beschrieben gefunden habe.

Ein Millivolt- und -ampèremeter von Siemens & Halske hat 1 Ω Widerstand und 150 Skalenteile, erlaubt also bei der in Fig. 1 dargestellten und ohne weiteres verständlichen Schaltung die Messung von Spannungen bis 0,150 Volt durch Kompensation an den Klemmen des Instrumentes und darauf folgendes einfaches Ablesen.

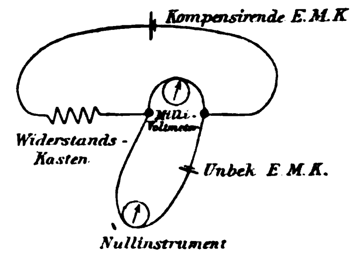


Fig. 1.

Dasselbe Instrument ermöglicht nun die genaue Messung sehr viel kleinerer Spannungen unter Benutzung der dem Instrumente zur Strommessung beigegebenen Nebenschlusswiderstände von $\frac{1}{9}, \frac{1}{99}, \frac{1}{199}, \frac{1}{499}, \frac{1}{999}$ u. s. w. Hierzu legt man einen solchen Nebenschlusswiderstand vor das Millivoltmeter und kompensiert an dessen Enden. Man liest alsdann am Instrument das 9fache, 99fache u. s. w. der kompensierten elektromotorischen Kraft ab. Fig. 2 giebt die Skizze der einfachen Schaltung.

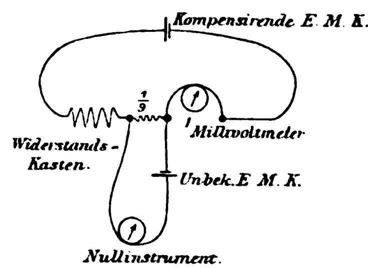


Fig. 2.

Die Rechnung gestaltet sich überaus einfach und die Methode ermöglicht die genaue Messung äusserst kleiner Spannungen ohne Interpolation und ohne ein Normalelement, mit Hilfe eines beliebigen (auch unkalibrischen) Widerstandskastens, da dessen Wert ja gar nicht in die Messung eingeht. Die Kontrolle der Messungen ist durch eine Aichung des Instrumentes mit und ohne den betr. Nebenschluss leicht zu erbringen.

Die Methode ist zur Messung kleiner elektromotorischer Kräfte überaus bequem und wollte ich dieselbe deshalb den Lesern dieser Zeitschrift nicht vorenthalten.

(Eingegangen 26. November 1900.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

F. Richarz (Greifswald), Über Temperaturunterschiede in auf- und absteigenden Luftströmen.

Bei den Versuchen, welche Krigar-Menzel und ich in Spandau zur Bestimmung der Gravitationskonstante angestellt haben, vereitelten Temperaturdifferenzen die Ausführung der ursprünglich geplanten Methode. Nach dieser sollten Wägungen auf der vierschaligen Wage ausgeführt werden, wenn ein Gewichtsstück sich auf einer oberen, das andere auf der entgegengesetzten unteren Wagschale befand, und dann wieder, nachdem jenes auf die betreffende untere, dieses auf die obere Wagschale gebracht worden war. Bei Versetzung eines Gewichtsstückes bildete sich um ein wärmeres Gewichtsstück in kälterer umgebender Luft ein aufsteigender Luftstrom, der das Gewichtsstück in die Höhe mitnahm, wodurch es zu leicht erschien. Umgekehrt war es, wenn das Gewichtsstück kälter war, als die neue Umgebung nach dem Vertikaltransport. Es trat daher an Stelle dieser Methode ein kompliziertes System von Horizontalvertauschunngen, während Vertikalvertauschungen nur am Schluss jedes Arbeitstages vorgenommen wurden. Man kann sich nun die Frage vorlegen, wie weit es überhaupt in Räumen, die von der äusseren Luft abgeschlossen sind, in denen aber vertikales Umrühren der Luft vorkommt, möglich ist, eine Unabhängigkeit der Temperatur von den Koordinaten zu gewinnen. Eine Grenze ist durch das Gesetz des konvektiven Gleichgewichts von Lord Kelvin gegeben. Dieser Zustand muss sich immer wieder herstellen, wenn auf- und absteigende Luftströme vorhanden sind, und muss dazu führen, dass ein aufsteigender Luftstrom oben schon die niedere Temperatur vorfindet, die er in Folge der adiabatischen Druckverminderung und Abkühlung selbst annimmt; und umgekehrt ein absteigender Luftstrom unten die höhere, die er selbst durch seine Kompression annimmt. Für einen solchen Zustand konvektiven Gleichgewichts gilt die Gleichung:

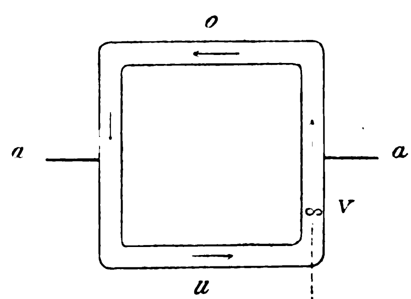
$$\frac{d\vartheta}{dx} = -\frac{g}{C_p}$$

wo C die spezifische Wärme bei konstantem Druck in mechanischem Masse, ϑ die Temperatur, x die vertikale Höhe bedeutet. Nimmt man Luft von mittlerem Feuchtigkeitsgehalte an, so erhält man hieraus für die Abnahme der Temperatur mit der Höhe

$$\frac{d\vartheta}{dx} = -0{,}00978^0 \text{ C. pro Meter.}$$

Für die Atmosphäre liegen neue Resultate von Bezold berechnet nach den Resultaten der wissenschaftlichen Ballonfahrten von Assmann und Berson vor. In 8—9 Kilometer Höhe über dem Erdboden findet sich 0,0090^0 Temperaturabnahme pro Meter, während in tiefer gelegenen Schichten die Abnahme erheblich kleiner ist, so dass also in der freien Atmosphäre eine Annäherung an den theoretischen Wert nur in sehr grosser Höhe stattfindet. Versuche an künstlich erzeugten Luftströmen in Laboratoriumsräumen lagen bis jetzt nicht vor. Ich habe daher Herrn Studiosus Löwenherz veranlasst, solche Versuche nach meinen Angaben anzustellen.

In einem in sich zurücklaufenden System von Blechröhren von 1 dm Durchmesser (s. Fig.)



wird durch Drehung eines Ventilators V ein Luftstrom erzeugt, der etwa im Sinne der Pfeile zirkuliert. Der Abstand der Teile von grösster Höhendifferenz Q und U beträgt 1,21 Meter. Die Temperaturdifferenz wurde mit einem Bolometer gemessen. Ein Draht, der einen Zweig des Bolometers darstellte, ging in der ganzen Länge der oberen Röhre durch, und in der unteren Röhre ein anderer Zweig der Wheatstoneschen Brücke. Dieses Röhrenviereck war auf einem hölzernen Rahmen befestigt, der um eine horizontale Achse $a \ldots . a$ drehbar war. Zuerst wurde das Viereck in eine horizontale Ebene gelegt und der Luftstrom erzeugt. Dann wurde das Viereck um 90^0 gedreht, und zwar einmal in dem einen Sinne, einmal in dem andern Sinne. Der Luftstrom zirkulierte dabei fortwährend weiter, damit die Messungen schnell hintereinander zu machen waren. Es zeigte sich dann sehr bald, dass die Temperaturdifferenzen in den Luftströmen wirklich vorhanden waren. Aber es zeigte sich ein starker Unterschied zwischen den beiden vertikalen Stellungen, und zwar in dem Sinne, dass zu der gesuchten Temperatur-

differenz immer noch eine andere hinzukam, bei der jedesmal der Luftstrom zunächst am Ventilator wärmer war. Es liess sich das aus der Reibungswärme an den Achsenlagern des Ventilators erklären. Dass diese Erklärung richtig ist, wird dadurch sehr wahrscheinlich, dass bei umgekehrtem Drehungssinn des Ventilators sich diese störende Temperaturdifferenz umdrehte. Im Mittel fällt sie also heraus und es bleibt nur die gesuchte.

Die Resultate geben den theoretischen Wert bis auf einige Prozent an, und es lässt sich jedenfalls noch eine bessere Genauigkeit erreichen. Eine Wiederholung der Versuche mit sorgfältigerer Vermeidung der Fehlerquellen würde jedenfalls eine vollkommenere Übereinstimmung mit der Theorie ergeben. Auch würden zweifellos die Temperaturdifferenzen noch für bedeutend kleinere Höhendifferenzen bolometrisch gut messbar sein. Dadurch würde man sicherlich auch die spezifische Wärme von Gasen bei kleinen Mengen bestimmen können.

(Vom Vortragenden durchgesehenes Referat von Dr. B. Borchardt.)

Diskussion. (Von den Beteiligten durchgesehen.)

Quincke-Heidelberg. Hat die Wärmeleitung durch die warme Wand keinen Einfluss ausgeübt?

Richarz. Ein solcher machte sich in der That bemerkbar. Wenn Herr Löwenherz das Röhrennetz vertikal stellte, ohne den Ventilator laufen zu lassen, war zunächst die höher gelegene Röhre die wärmere: eine Folge der im Zimmer vorhandenen Temperaturschichtung. Beim Anlaufen des Ventilators nahm diese Temperaturdifferenz bis auf Null ab und kehrte sich dann um; die Annäherung an den theoretischen Wert des konvektiven Gleichgewichtes wurde um so grösser, je stärker der Luftstrom war. Die beobachteten Werte waren im Mittel immer noch um einige Prozente kleiner als der berechnete; diese Abweichung wird in der That durch die Wärmeleitung der Röhrenwände zu erklären sein.

Wind-Groningen. Steht nicht das hier betrachtete Konvektionsgleichgewicht in Widerspruch mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik? Würde dieses Gleichgewicht nicht auch in einer sich selbst überlassenen Atmosphäre sich einstellen und, da die durch dasselbe bedingten Temperaturunterschiede unabhängig sind von der Stärke der Konvektionsströme, fortbestehen müssen, nachdem die Luftströme durch Reibung bis zum vollständigen Verschwinden abgeschwächt wären? Und würde dann also nicht ein Gleichgewichtszustand da sein, wobei doch Temperaturdifferenzen vorhanden wären?

Richarz. Das konvektive Gleichgewicht bildet sich immer nur dann, wenn auf- und absteigende Luftströme vorhanden sind. Es ist ein Fall des indifferenten Gleichgewichts. Jeder Zustand, bei dem die Temperatur mit der Höhe schneller, die Dichtigkeit der Luft also langsamer abnimmt, als dem konvektiven Gleichgewicht entspricht, ist labil. Aber alle Zustände, bei denen die Temperatur mit der Höhe langsam die Dichtigkeit der Luft also schneller abnimmt, sind in mechanischer Beziehung stabil. In ruhender Luft kann ursprünglich irgend einer dieser letzteren Zustände und auch als Grenzfall derjenige des konvektiven Gleichgewichtes existieren, ohne das mechanische Bewegung eintritt. Sieht man also von der Wärmeleitung ab, wie es auch in der obigen Formel für das konvektive Gleichgewicht stillschweigend geschehen ist, so sind die Bedenken von Herrn Wind gerechtfertigt; es wären in der That dauernd Temperaturdifferenzen in einer sich selbst überlassenen ruhenden Atmosphäre vorhanden. In Wirklichkeit aber werden sie sich durch Leitung ausgleichen.

Boltzmann-Leipzig. Das konvektive Gleichgewicht, glaube ich, ist dann möglich, wenn man von jeder Reibung abstrahiert. Denn wenn Sie die Reibung in Rechnung ziehen, so wird der schliessliche Zustand natürlich immer der Ruhezustand sein. Ein Widerspruch gegen den zweiten Hauptsatz ist ebensowenig vorhanden, wie wenn man von einem absolut umkehrbaren Prozess oder einer Bewegung ohne alle Bewegungshindernisse spricht. Praktisch wird das konvektive Gleichgewicht sich ins Unendliche nicht halten lassen, sondern dann wird Ruhe und Temperaturgleichgewicht eintreten.

(Eingegangen 3. November 1900.)

E. Pringsheim (Berlin), Über die Gesetze der schwarzen Strahlung nach gemeinschaftlich mit O. Lummer ausgeführten Versuchen.

Ich will darüber sprechen, wie weit die Gesetze der „schwarzen Strahlung" — so nennt M. Thiesen die Strahlung eines schwarzen Körpers — durch die Erfahrung bestätigt werden.

Das Stefansche Strahlungsgesetz lautet:

$$\text{1)} \qquad \int_0^\infty E d\lambda = \text{const. } T^4,$$

wobei T die absolute Temperatur, $E d\lambda$ die Energie der schwarzen Strahlung für das Wellenlängengebiet λ und $\lambda + d\lambda$ bedeuten. Dies Gesetz ist bestätigt worden.

Weiter haben wir die beiden Gleichungen:

$$\text{2)} \qquad \lambda_m \cdot T = A$$

$$\text{3)} \qquad E_m = B \cdot T^5,$$

welche aus dem Wienschen Verschiebungsgesetz folgen; hierin bedeutet λ_m die Wellenlänge, bei welcher die Energie im Normalspektrum ihr

Maximum E_m erreicht; A und B sind Konstanten. Dies Gesetz ist von Lummer und mir bestätigt worden, und auch von Herrn Paschen.

Es herrscht also bis hierher eine vollkommene Übereinstimmung der verschiedenen Experimentatoren untereinander und mit der Theorie. Anders aber verhält es sich bei der Form der Energiekurve. Für diese hat W. Wien folgende Gleichung aufgestellt:

$$4)\qquad E = C \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{c}{\lambda T}},$$

worin C und c Konstante bedeuten. Dieses Gesetz haben wir nicht bestätigt gefunden, und auch die theoretischen Grundlagen desselben können wir nicht für unanfechtbar halten. Später hat Planck versucht, diese Formel durch elektro-magnetische Betrachtungen zu begründen. Unsere Experimente zeigten jedoch systematische Abweichungen, welche sich dadurch charakterisierten, dass die „Konstanten" C und c der Wienschen Gleichung mit steigender Wellenlänge und Temperatur sehr beträchtlich zunehmen. Bei der Wichtigkeit, welche von theoretischer Seite thatsächlichen Abweichungen der Strahlungsenergie von der Wien-Planckschen Gleichung zugeschrieben wird, schien es von Interesse, den Differenzen zwischen der Formel und den Versuchen weiter nachzugehen. Zu diesem Zweck haben wir die schwarze Strahlung für das Gebiet der längeren Wellen — zwischen 12 und 18 — spektralbolometrisch untersucht, wobei sich die früher gefundenen Abweichungen bestätigten, und sich Differenzen in gleichem Sinne wie bei den kürzeren Wellen, hier aber von viel grösserem Betrage, zeigten. Durch Vergleichung verschieden konstruierter schwarzer Körper und durch Untersuchung der Strahlungseigenschaften der bei denselben benutzten strahlenden Substanzen wurde nachgewiesen, dass diese Abweichungen unmöglich von Fehlern der benutzten Strahlungskörper herrühren können. Ebensowenig können sie durch irgend welche andere bekannte Untersuchungsfehler erklärt werden. Es ist daher erwiesen, dass die Wien-Plancksche Formel die experimentell zwischen $\lambda = 1$ und $\lambda = 18\,\mu$ verwirklichte schwarze Strahlung nicht richtig wiedergiebt, dass diese Formel also nicht als das Gesetz der schwarzen Strahlung betrachtet werden kann.

Nun hat M. Thiesen rein empirisch eine Formel aufgestellt, welche die Wiensche Formel etwas modifiziert und unsere früheren Beobachtungen innerhalb der Versuchsfehler sehr genau wiedergiebt, nämlich:

$$5)\qquad E = C \cdot \sqrt{\lambda T} \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{c}{\lambda T}}$$

Die kürzlich von Lord Rayleigh angegebene Formel

$$6)\qquad E = C \cdot T \cdot \lambda^{-4} \cdot e^{-\frac{c}{\lambda T}}$$

giebt die gemachten Beobachtungen sowohl im Gebiet der kürzeren als der langen Wellen noch weniger wieder als die Wiensche Gleichung.

Neuerdings ist eine allgemeinere Formel von Lummer und E. Jahnke aufgestellt:

$$7)\qquad E = C \cdot T^5 \cdot (\lambda T)^{-\mu} \cdot e^{-\frac{c}{(\lambda T)^\nu}}.$$

Dieselbe enthält die Wiensche, die Thiesensche und die Rayleighsche als Spezialfälle. Wir haben diese Formel noch nicht prüfen können, halten übrigens eine solche Prüfung auch nicht für besonders interessant. Für wichtig können wir eine solche Prüfung nur halten, wenn die aufgestellte Formel eine theoretische Grundlage hat, wie die Wiensche, während die andern doch eben nur empirische Formeln sind. Für praktische Zwecke könnte man sich mit der Thiesenschen Formel begnügen; weitere Untersuchungen werden also erst dann von Interesse sein, wenn eine mit den Versuchsresultaten nicht in Widerspruch stehende Spektralgleichung theoretisch einwandsfrei hergeleitet ist. —

(Vom Vortragenden durchgesehenes Referat von Dr. B. Borchardt.)

Diskussion.

W. Wien (Würzburg): Wir können der Sache theoretisch erst dann näher treten, wenn die verschiedenen Beobachter in ihren Resultaten übereinstimmen, was bis jetzt noch nicht der Fall ist. Weiter halte ich Fehlerquellen bei den Versuchen doch nicht für ganz ausgeschlossen. Man könnte doch bei diesen langen Wellen an Absorption denken. Wenn die Atmosphäre etwa durch Wasserdampf verunreinigt wäre, so würde die Absorption anders wirken als bei Verunreinigung durch Kohlensäure.

Pringsheim: Diese Fehlerquelle halte ich durch die Art der Untersuchung für ganz ausgeschlossen.

Wiener (Leipzig): Ist es denn sicher, dass auch bei der grössten Wellenlänge die Absorption des Bolometers genau berücksichtigt ist?

Pringsheim: Das weiss man sehr genau. Wir haben das sehr genau geprüft. Für lange Wellen ist es viel leichter, einen schwarzen Körper herzustellen. Da ist Russ schon 92 % eines schwarzen Körpers, Porzellan 90 %.

Wiener: Für ganz lange Wellen wird Russ ja durchsichtig.

Pringsheim: Das mag sein, kommt aber hier nicht in Betracht.

Runge (Hannover): Ich weiss, dass Paschen auch Abweichungen von dem Wienschen Gesetz beobachtet hat, die aber nicht entfernt so gross sind, wie die von Pringsheim.

(Eingegangen am 14. November 1900.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. **Th. Des Coudres.**

West's automatischer Umschalter für telephonische Nebenanschlüsse.

Nach den vom Reichskanzler erlassenen Bestimmungen über die Benutzung der Fernsprecheinrichtungen ist es vom 1. April d. J. ab gestattet, innerhalb eines Grundstückes ausser dem Hauptanschluss an das Fernsprechnetz noch bis zu fünf Nebenstellen einzurichten.

Hiernach können also z. B. in einem Hause, in welchem der Eigentümer einen Telephonanschluss hat, noch fünf Mieter von ihren Wohnungen aus diesen Anschluss gemeinschaftlich mitbenutzen. Da für den Hauptanschluss in Berlin jährlich 180 Mark zu zahlen sind, während ein solcher Nebenanschluss nur 15 Mark an Jahresgebühr kostet, so dürfte diese bedeutende Preisermässigung die Veranlassung sein, dass sich aus denjenigen Kreisen der Bevölkerung, deren Bedürfnis zum Telephonieren nur ein Geringes ist, denen also der Einzelanschluss zu theuer war, eine grosse Zahl finden werden, welche sich auf diese Weise die Annehmlichkeiten des Fernsprechanschlusses verschaffen möchten.

Die gemeinschaftliche Benutzung eines Leitungsdrahtes zum Vermittelungsamt, seitens mehrerer Teilnehmer machte bisher die Errichtung einer Hauszentrale nötig, wo irgend eine Mittelsperson, gewöhnlich der Portier, die gewünschten Verbindungen bewirken musste. Diese Hauszentralen haben sich nicht bewährt, denn sie lassen in Bezug auf Pünktlichkeit der Verbindung viel zu wünschen übrig, ausserdem kann der Portier, mit dem in der Hauszentrale notwendigen Telephon, jedes geführte Gespräch mit anhören, ein Umstand, der jedem die Benutzung solcher Nebenstelle binnen kurzer Zeit total verleidet.

An eine Einrichtung zur gemeinschaftlichen Benutzung einer Fernsprechleitung seitens mehrerer Teilnehmer müssen folgende Ansprüche gestellt werden:

1. Sie muss für fünf Nebenstellen eingerichtet sein.
2. Jeder Teilnehmer muss sich ohne Mittelsperson mit dem Amt in Verbindung setzen können.
3. An den Sprechstellen der Teilnehmer muss ein Signal jederzeit anzeigen, ob die Leitung frei oder besetzt ist.
4. So lange der Teilnehmer spricht, darf kein Anderer die Leitung in Benutzung nehmen können, das Gespräch darf weder gestört, noch von Anderen gehört werden.
5. Das Amt muss jeden Teilnehmer anrufen können, ohne dass die andern Teilnehmer derselben Leitung gestört werden.
6. Sobald das Amt einen Teilnehmer ruft, darf kein anderer Teilnehmer die Leitung in Benutzung nehmen können.

Eine Einrichtung, welche diesen Anforderungen vollkommen genügt, ist von Herrn Jul. H. West angegeben und wird von der Akt-Ges. Mix & Genest in Berlin ausgeführt. Sie besteht aus den Telephonapparaten an den Sprechstellen der einzelnen Teilnehmer und einem automatischen Umschalter, der an einer beliebigen Stelle im Hause untergebracht werden kann und durch lokale Leitungen mit den Sprechstellen der Teilnehmer verbunden wird.

Die Apparate an den Sprechstellen enthalten ausser der gewöhnlichen Einrichtung einen „Verriegelungs-Elektromagnet" *e* Figur 1, dessen

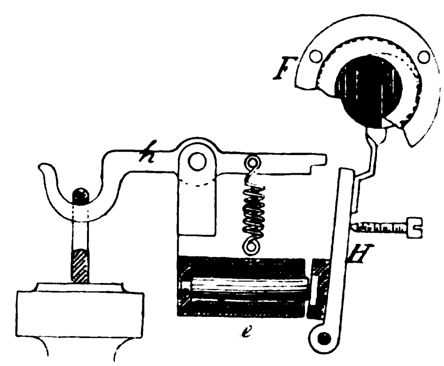


Fig. 1.

Ankerhebel *H* bei angezogenem Anker, den Aufhängehaken *h* festhält, derart, dass er sich nicht bewegen kann, wenn der Hörer abgenommen wird. Sobald ein Teilnehmer seinen Hörer abhebt, schliesst er selbstthätig den Stromkreis der gemeinschaftlichen Mikrophonbatterie *b* (Schaltungsskizze Fig. 2) und der Elektromagnet *R* zieht seinen Anker an. Dadurch wird der Stromkreis der Verriegelungsbatterie *B* geschlossen. Es fliesst nun ein Strom von *B* über c_3, Leitung l_6, Kontaktschiene s_1, durch die dagegen liegenden sechs Kontaktfedern F_I . . . . F_{VI} nach den Klemmen 1 sämtlicher Sprechstellen, durch deren Verriegelungselektromagnete *e* nach den Klemmen 5 und die Leitung l_5 nach der Batterie zurück. Indem die Verriegelungselektromagnete ihren Anker anziehen, werden also die unbenutzten anderen Sprechstellen automatisch verriegelt, d. h. die Hörer und Mikrophone aller andern Teilnehmer können nicht mit der Leitung verbunden werden; kein Anderer kann das Gespräch mit anhören oder stören.

Der Sprechverkehr zwischen Neben-

stelle und Amt erfolgt also nach beiden Richtungen völlig geheim.

Am Ankerhebel des Verriegelungsmagneten ist eine kleine Signalscheibe befestigt (Fig. 1), deren weisse Hälfte hinter dem Fensterchen *F* sichtbar wird, solange die Leitung benutzt wird; andernfalls sieht man die schwarze Hälfte, d. h. die Leitung ist frei.

gestellten Anforderungen bereits erfüllt. Nicht ganz so einfach gestaltet sich die Sache in den Punkten 5 und 6, wo es sich um die automatische Verbindung des Amtes mit einem bestimmten Teilnehmer handelt. Zu diesem Zwecke dient der automatische Umschalter, der in Figur 3 im Längs- und Querdurchschnitt sowie im Grundriss in verkleinertem Maassstabe gezeichnet ist.

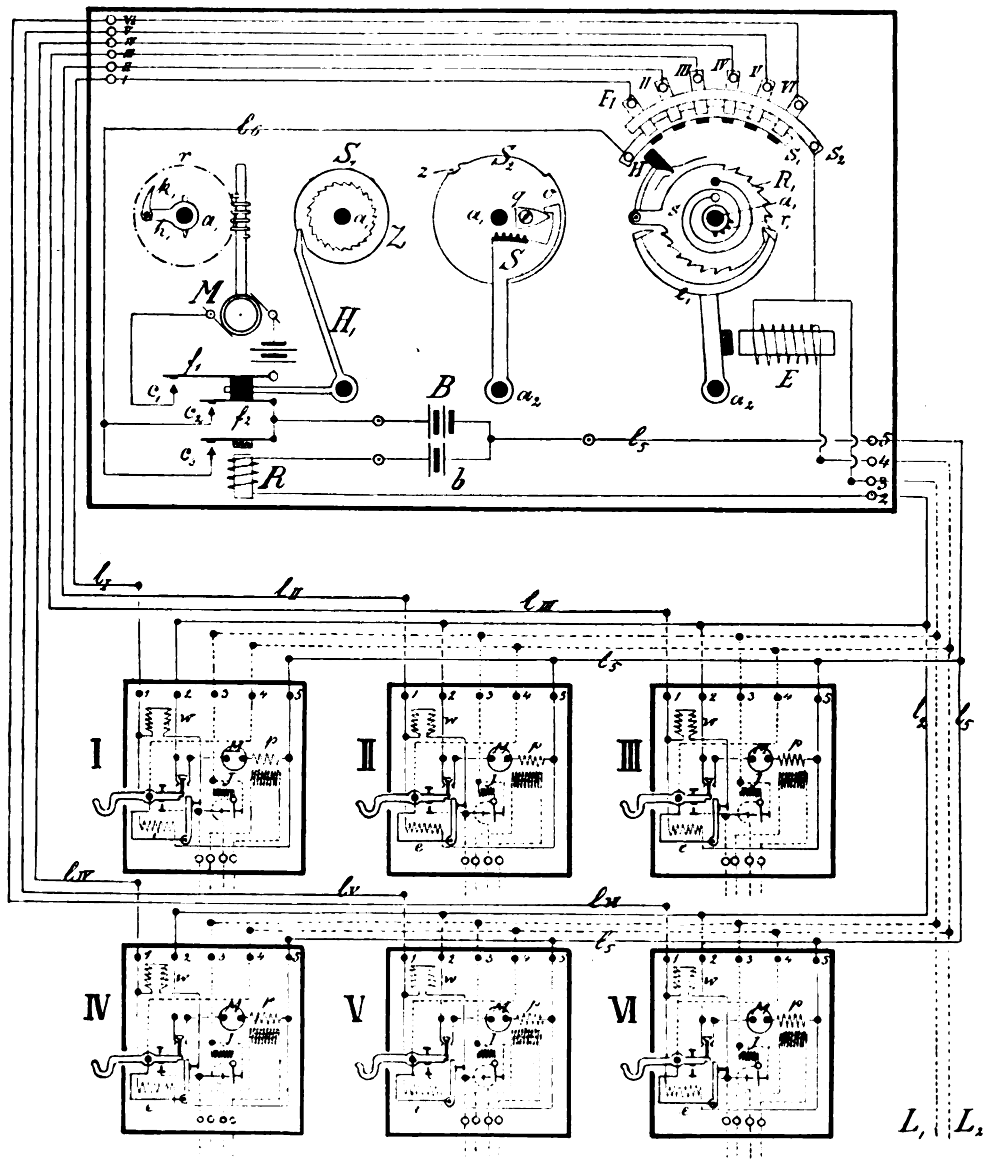


Fig. 2.

Die Nebenstelle verbindet sich also durch das blosse Abheben des Hörers direkt mit dem Amt, verriegelt zugleich alle andern Nebenstellen und zeigt diesen durch die Signalscheiben an, dass die Leitung besetzt ist.

Somit wären durch diese einfache Verriegelungsvorrichtung die ersten vier der oben

Um seine Wirkungsweise zu erklären, sind in Figur 2 die einzelnen Teile desselben, welche sonst übereinander auf zwei Achsen a_1 a_2 stecken, schematisch nebeneinander ausgebreitet. Fest auf der Achse a_1 sitzen das Schneckenrad *r* und der Hebel h_1. Letzerer trägt an seinem äusseren Ende die Sperrklinke k_1, welche in das Sperrad *Z* eingreift. *Z* und die beiden Scheiben S_1 und

S_2 sind starr miteinander verbunden und sitzen lose drehbar auf der Achse a_1. Ebenfalls lose drehbar auf dieser Achse sitzt das Steigerad R_1, mit dem daran befestigten kleinen Zahnradsegment r_1; die Spiralfeder s ist bestrebt, das Steigerad R_1 im Sinne des Uhrzeigers herumzudrehen. In die Zähne von R_1 greift das, um die Achse a_2 drehbare Echappement e_1, welches den Anker des Elektromagneten E trägt.

Die Spule dieses Elektromagneten, welche den Elektromagnet E, wodurch das Steigerad zahnweise im Sinne des Uhrzeigers herumgedreht wird. Nach dem ersten Stromstoss steht der Hammer H der Feder F_1, nach dem zweiten Stromstoss der nächsten Feder u. s. w. gegenüber. Bei dieser Bewegung dreht der Hammer, dessen Finne in dem Einschnitt z der Scheibe S_2 liegt, diese sowie S_1 und Z mit herum.

Die Bewegung von S_1 hat zur Folge, dass der zweiarmige Hebel H_1, dessen oberes Ende

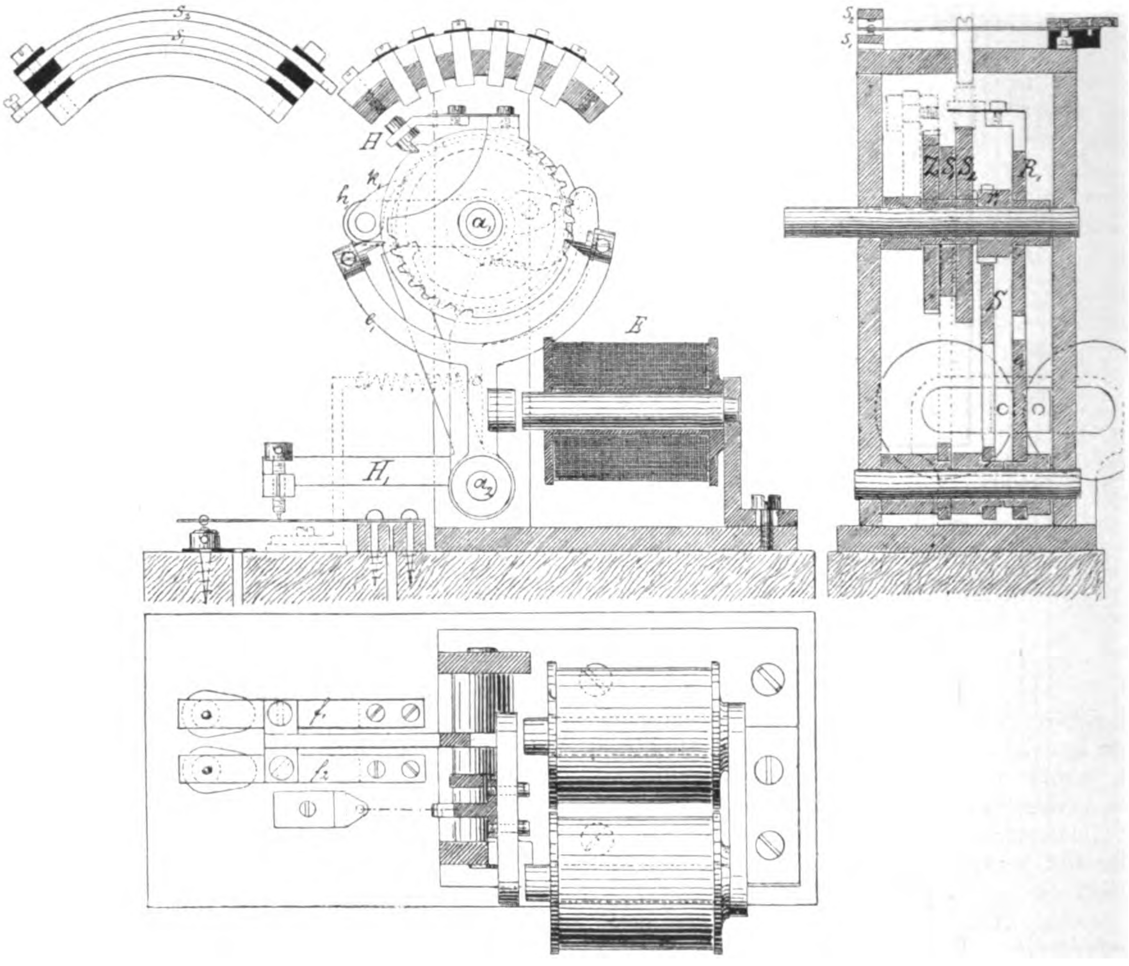


Fig. 3.

eine Brücke zwischen den beiden Sprechleitungen L_1 L_2 bildet, besitzt einen Widerstand von 1000 Ohm und bedeutende Selbstinduktion, so dass die Sprechströme durch diese Einschaltung nicht wesentlich geschwächt werden.

Mit dem Steigrade R_1 ist der Hammer H drehbar verbunden, seine Finne liegt gegen die Scheibe S_2 an.

Wenn nun das Amt einen der Teilnehmer anrufen will, so schickt es 1 bis 6 Stromstösse in die Leitung (je nach der Nummer des betreffenden Teilnehmers), diese Ströme erregen in einem Einschnitte von S_1 liegt, etwas nach links gedreht wird, wodurch die beiden Federn f_1 und f_2 gegen die zugehörigen Kontakte gedrückt werden; f_2 schliesst den Verriegelungsstromkreis der Batterie B, so dass sämtliche Sprechstellen sofort verriegelt werden; f_1 schliesst den Stromkreis des Motors M, der durch eine Schnecke das Schneckengetriebe r und damit die Achse a_1 langsam dreht, so dass sie im Laufe von ungefähr 2 Minuten eine Umdrehung macht. Dabei greift die Klinke k_1 in die Zähne des Sperrades Z ein, sodass dieses mit S_1 und S_2

der Drehung der Achse folgen müssen. Dieser Drehung waren sie vorher, durch die einstellende Arbeit des Echappements etwas vorausgeeilt. Sobald aber R_1 und H feststehen, bewirkt die Drehung von S_2, dass die Hammerfinne aus dem Zahneinschnitt herausgehoben und der Hammerkopf nach aussen gepresst wird; dabei drückt er gegen das Ebonitstück der ihm gegenüberstehenden Feder — z. B. gegen F_{III} — und hebt diese von der unteren Kontaktschiene s_1 ab und drückt sie gegen die obere Kontaktschiene s_2. Hierdurch wird erstens der Verriegelungsstromkreis der Sprechstelle III unterbrochen, so dass diese Sprechstelle entriegelt wird, und zweitens wird der Wecker w dieser Sprechstelle über s_2, F_{III}, Klemme 1 der Sprechstelle III, Ankerhebel des Verriegelungselektromagneten e und Klemme 4 mit den beiden Sprechleitungen L_1 L_2 verbunden. Jetzt kann die Sprechstelle III in üblicher Weise angerufen werden, und zwar bleibt dieser Zustand bestehen, bis die Scheibe S_2 etwa $^3/_4$ Umdrehungen ausgeführt hat, weil dann der Hammer H in den grossen Ausschnitt der Scheibe S_2 hineinfällt, wodurch die Feder F_{III} wieder in die Ruhelage zurückkehrt; dadurch wird der Wecker ausgeschaltet und die Sprechstelle wieder verriegelt, sofern der Teilnehmer III nicht inzwischen seinen Hörer abgenommen hat. —

Jetzt wird das Steigerad und der Hammer in die gezeichnete Ruhelage zurückgebracht. In die Zähne des Zahnradsegmentes r_1 greifen die Zähne des Segmentes S, welches bei der Einstellung von R_1 aus der dargestellten Lage etwas nach links gedreht worden ist. Das auf auf S_2 sitzende Stück q kommt bei der Drehung von S_2 in die Bahn der Nase o des Segmentes S. Kurz nachdem der Hammer in den Einschnitt S_2 gefallen ist, erreicht q die Nase o und dreht dadurch das Segment nach rechts. Hierdurch wird, infolge des Eingriffs von S und r_1, das Steigrad R_1 in die dargestellte Ruhelage zurückgedreht, wobei auch der Hammer H wieder in den Einschnitt z hineinfällt. Gleichzeitig fällt auch der Hebel H_1 wieder in den Einschnitt der Scheibe S_1, wodurch sowohl der Verriegelungsstromkreis, als auch der Stromkreis vom Motor unterbrochen wird. —

Der Apparat steht also in der Anfangslage still und sämtliche Sprechstellen sind entriegelt, vorausgesetzt, dass der gerufene Teilnehmer nicht vor der Zurückstellung des Steigerades seinen Hörer vom Haken abgenommen hat. Ist das der Fall, so ist der Verriegelungsstromkreis, wie früher beschrieben, über den Kontakt c_3 geschlossen worden, so dass die nicht benutzten Sprechstellen auch nach dem Stillstehen des automatischen Umschalters verriegelt bleiben, so lange, als der gerufene Teilnehmer spricht.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass der gerufene Teilnehmer an seine Sprechstelle kommen muss, bevor die Rückstellung des Steigerades R_1 beginnt; bis dahin, d. h. über 1 $^1/_2$ Minuten lang, ist sein Wecker mit der Leitung verbunden und er kann gerufen werden. Die Zeit von 1 $^1/_2$ Minuten ist für den Anruf völlig ausreichend, indem erfahrungsmässig feststeht, dass der Rufende die Sprechstelle verlässt, wenn er nicht innerhalb 1 $^1/_2$ Minuten Antwort empfängt.

Kommt der Teilnehmer erst nach 1 $^1/_2$ Minuten zur Sprechstelle, so hat die Rückstellung des Apparates bereits begonnen, er findet dann seine Sprechstelle verriegelt und muss dann einen Augenblick warten, bis der Motor stillsteht; worauf sich die Sprechstelle entriegelt und er sich dann selbst mit dem Anrufenden verbinden kann — sofern dieser noch dort, an seinem Apparat sein sollte.

Der Wecker w wird beim Abheben des Hörers aus der Leitung ausgeschaltet, indem an dem Hebel des Hakenumschalters h, Fig. 1, eine kleine (nicht gezeichnete) Feder schräg angebracht ist, welche mit einem Stift am oberen Ende des Ankerhebels H derart in Eingriff kommt, dass dieser Hebel ein klein wenig von seinem Ruhekontakt entfernt wird.

Aus dem Gesagten erkennt man, dass das Amt jeden beliebigen Teilnehmer einzeln anrufen kann, ohne dass die andern dadurch gestört werden, und dass es jedem Teilnehmer unmöglich gemacht ist, sich in die Leitung einzuschalten, sobald diese bereits in Benutzung genommen ist, sei es vom Amte aus, oder durch einen andern Teilnehmer. Um zu verhindern, dass ein Gespräch durch Entsendung von Rufstrom von anderen Sprechstellen aus gestört wird, sind die Aufrufsinduktoren J derart geschaltet, dass Rufstrom erst geschickt werden kann, nachdem der Hörer abgehoben und der Hebel h den unteren Kontakt berührt hat, was er, bei stattgefundener Verriegelung nicht kann.

Somit sind die sämtlichen im Eingange gestellten Bedingungen, die man an ein solches System stellen muss, erfüllt. Es erfüllt das vorliegende System aber auch noch darüber hinausgehende Ansprüche, die man nicht notwendigerweise stellen muss, wie z. B. den, dass jeder Teilnehmer jeden andern in diesem Nebenanschlusskreise — d. h. in demselben Hause — anrufen und sprechen kann. Wird dies gewünscht, so wäre während der Einstellung des Umschalters seitens des Amtes, der Hörer des rufenden Teilnehmers zu dem Elektromagneten E parallel geschaltet. Um die sich daraus ergebende Abschwächung des vom Amte aus gesandten Stromes zu vermeiden, ist an den Sprechstellen eine, in Fig. 2 nicht gezeichnete, Taste erforderlich, mit deren Hilfe zwischen den

Hebel des Hakenumschalters und dessen Arbeitskontakt ein Widerstand von 2000 Ohm eingeschaltet werden kann. Der rufende Teilnehmer drückt dann auf diese Taste so lange, als die Einstellung dauert. —

Die Weckströme, welche zum Teil durch den Elektromagneten E abgezweigt werden, beeinflussen dessen Anker in keiner Weise, da letzterer ziemlich träge ist und dem schnellen Wechsel der Weckströme nicht folgen kann.

Dieses System bedingt auf dem Amte keinerlei Abänderungen der jetzt bestehenden Einrichtungen. Nachdem der Beamte die Verbindung hergestellt hat, schickt er mit Hilfe der vorhandenen Ruftaste, welche an eine Gleichstromquelle angeschlossen ist, 1—6 kurze Stromstösse in die Leitung und der gewünschte Teilnehmer im Nebenanschluss ist angeschlossen und kann gerufen werden.

In einigen Fernsprechnetzen, z. B. in Berlin, sind bekanntlich Kontrollelemente aufgestellt, welche in die Leitung eingeschaltet sind, solange der Hörer vom Haken abgehoben ist. Für solche Netze erhält das Relais R eine zweite Kontaktfeder, welche mit der Mitte der Elektromagnetspule E verbunden wird, während der zugehörige Arbeitskontakt über ein Element an Erde gelegt wird. Dieses Element schickt dann Strom in beide Leitungen, so lange an irgend einer Sprechstelle der Hörer vom Haken abgehoben ist.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, dass die Reichstelegraphenverwaltung das alleinige Recht hat, die Leitung vom Amte bis zum Hauptanschlusse herzustellen. Sie liefert auch den Apparat zur Hauptsprechstelle und bleibt dieser Eigentum der Post-Verwaltung. Die Herstellung und Instandhaltung der Nebenanschlüsse ist dagegen Sache der Teilnehmer (resp. des Hauseigentümers), welche sie nach Belieben durch die Reichstelegraphenverwaltung, oder durch Dritte bewirken lassen können; die sie aber zu bezahlen haben und welche ihr Eigentum bleiben.

Unter Berücksichtigung einer 4 prozentigen Verzinsung des Anlagekapitals, 7 bis 10 Prozent Abschreibung, Unterhaltung der Apparate und Akkumulatorenbatterien, und die Zahlung der Jahresgebühren, stellen sich die durchschnittlichen Jahreskosten pro Teilnehmer bei:

1 Hauptanschluss:	1	2	3	4	5	Nebenstellen
auf 180	118,30	88,10	73,00	64,00	57,90	Mark,

d. h. um so niedriger, je mehr Nebenanschlussteilnehmer vorhanden sind.

Allerdings, einen Übelstand hätte dieses System der Nebenanschlüsse doch noch: von den Teilnehmern kann immer nur einer sprechen, und es wird vorkommen, dass einer mit seinem Gespräch einen Augenblick warten muss. Dieser Nachteil ist aber in Anbetracht der sehr erheblichen Kostenersparnis nicht sehr ins Gewicht fallend. Ein deutscher Durchschnitts-Teilnehmer führt 18 Gespräche täglich, jedes zu $2\frac{1}{2}$ Minuten. Sechs Teilnehmer würden also die gemeinschaftliche Leitung täglich nur $4\frac{1}{2}$ Stunde benutzen, und $10\frac{1}{2}$ Stunde (Dienstzeit 7 Uhr früh bis 10 Uhr Abends = 15 Stunden) bliebe sie noch unbenützt.

Ernst Ruhmer, Berlin.

(Eingegangen 15. November 1900.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Korn, Arthur, Lehrbuch der Potentialtheorie. II. Allgemeine Theorie des logarithmischen Potentials und der Potentialfunktionen in der Ebene. Mit 58 in den Text gedruckten Figuren. X u. 366 S. Berlin, Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung. 1901.

Liebmann, H., Lehrbuch der Differentialgleichungen. Mit zahlreichen Figuren im Text. VI u. 226 S. Leipzig. Veit & Comp. 1901. Mk. 6.—.

Lüroth, J., Vorlesungen über numerisches Rechnen. Mit 14 Figuren im Text. VI u. 194 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1900. Mk. 8.—.

Manno, Richard, Heinrich Hertz — für die Willensfreiheit? Eine kritische Studie über Mechanismus und Willensfreiheit. VI u. 68 S. Leipzig, Wilhelm Engelmann. 1900. Mk. 1.50.

Personalien.

Der ordentliche Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, Geheimer Hofrat Josef Hart, ist auf sein Gesuch in de Ruhestand versetzt worden.

Am 20. November starb in Berlin der Physiker August Böttcher, 75 Jahre alt.

Dem Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule zu Aachen, v. Mangoldt, wurde der Charakter eines Geheimen Regierungsrates verliehen.

Am 7. November starb in Mülheim am Rhein der Oberingenieur und erste Elektriker der Firma Felten & Guilleaume Carlswerk A.-G., Herr Johannes Hausmann, der eine bemerkenswerte Rolle in der Entwickelung der Elektrotechnik und besonders der Kabeltechnik gespielt hat.

Der ordentliche Professor der Maschinenelemente an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, E. Reichel, ist aus Gesundheitsrücksichten für das Wintersemester beurlaubt worden.

Am 1. November ist der Direktor der Allgemeinen Österreichischen Elektrizitätsgesellschaft, Ingenieur Josef Kolbe, infolge eines Herzschlages plötzlich gestorben.

Dem Professor des Maschinenwesens an der Technischen Hochschule zu Hannover, W. Riehn, wurde der Charakter eines Geheimen Regierungsrates verliehen.

An der Technischen Hochschule zu München ist die Abhaltung von Vorlesungen über Theorie und Konstruktion der elektrischen Schalt- uud Regulierapparate, sowie über Kostenberechnung von elektrischen Maschinen und Apparaten, dann über elektrische Strassen- und Vollbahnen dem Betriebsingenieur für Elektrotechnik bei der Generaldirektion der bayerischen Staatseisenbahnen B. Gleichmann übertragen worden.

Dem ordentlichen Professor der Physik an der Czechischen Universität zu Prag, V. Strouhal, wurde der Titel Hofrat verliehen.

Berichtigungen.

In dem Referate über den Pariser Bericht von Villard sind Seite 137, Spalte 2, Zeile 29 die Worte „soviel ich weiss, von E. Wiedemann", zu ersetzen durch „von Hittorf".

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 11. 15. Dezember 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Abhängigkeit des Wärmeleitungskoeffizienten der Luft von der Temperatur.

Von Egon Müller.

(Vorläufige Mitteilung.)

§ 1.

Die Frage, ob die Wärmeleitungs-Konstante (W. K.) und der Koeffizient der inneren Reibung der Gase in gleicher Weise von der Temperatur abhängen, wie es gewöhnlich in der kinetischen Gastheorie verlangt wird, oder nicht, ist experimentell noch nicht zum Abschluss gelangt. Während Versuche über die Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten von der Temperatur schon vielfach durch einwandfreie Methoden zu nahe übereinstimmenden Ergebnissen geführt haben, kann das Gleiche von den Versuchen über die Änderung der W. K. mit der Temperatur nicht behauptet werden.

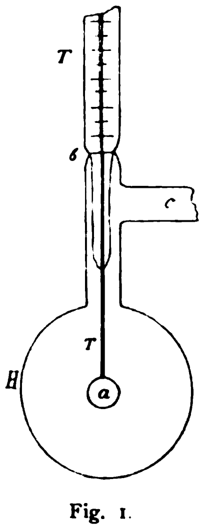


Fig. 1.

In der vorliegenden Arbeit wird die zuerst von Kundt und Warburg[1]) benützte Methode zur Bestimmung der W. K. der Luft auf die Grenzen ihrer Verwendbarkeit zu absoluten und relativen Bestimmungen geprüft und die Abhängigkeit der W. K. der Luft von der Temperatur nach dieser Methode mit möglichst grosser Sorgfalt bestimmt.

In vorstehender Fig. 1 ist T ein Thermometer, dessen Gefäss a von einer kugelförmigen Hülle H konzentrisch umgeben ist. Dieselbe ist in b mit dem Thermometer zusammengeschmolzen und dnrch das Rohr c mit einer Luftpumpe verbunden. Wird ein solcher Apparat etwa auf 100^0 erwärmt und sodann durch schmelzendes Eis die Hülle H auf konstante Temperatur gebracht, so kühlt sich das Thermometer ab und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche abhängig ist einerseits von der Wärmeleitfähigkeit des Thermometerstieles und dem Strahlungsvermögen des Glases, andererseits von dem Wärmeleitungsvermögen des die Hülle erfüllenden Gases. Wärmeverluste durch Konvektionsströme werden durch passende Wahl des Druckes vermieden. Wird durch Evakuieren das Gas möglichst entfernt, und der Versuch wiederholt, so kühlt sich das Thermometer nur noch infolge der beiden zuerst angeführten Ursachen, und zwar bedeutend langsamer ab. Aus zwei zusammengehörenden Versuchen lässt sich die Wärmeleitfähigkeit des Gases berechnen; die Abhängigkeit derselben von der Temperatur wird aus der Vergleichung zweier Versuche, welche in Bädern von verschiedener Temperatur angestellt werden, ermittelt.

Zu irgend einer Zeit t möge die Thermometerkugel a vom Radius r die Temperatur ϑ besitzen, während die Temperatur der Hülle H vom Radius R konstant 0^0 sein soll. In der sehr kleinen Zeit dt kann der Wärmestrom von a nach H als stationär betrachtet werden. Die isothermen Flächen, welche zwischen a und H liegen, sind konzentrische Kugelflächen, deren Radien ϱ alle Werte zwischen $\varrho = r$ und $\varrho = R$ besitzen.

Die Wärmemenge dQ, welche in der Zeit dt die Kugel a unter diesen Voraussetzungen verliert, setzt sich zusammen aus folgenden Teilen: $\Lambda\, dt$, welches durch Leitung der Luft, $\Sigma\, dt$, durch Strahlung der Kugeloberfläche und $\Gamma\, dt$ durch den Einfluss des Thermometerstieles hervorgerufen wird. Es ist also:

$$dQ = (\Lambda + \Sigma + \Gamma)\, dt.$$

Wird der Kugel a die Wärmemenge dQ entzogen, so sinkt die Temperatur derselben um $d\vartheta$. Ist w der Wasserwert der Kugel a, so ist:

$$-w \cdot \frac{d\vartheta}{dt} = \Lambda + \Sigma + \Gamma \qquad (1$$

1) Kundt u. Warburg, Pogg. Ann. **156**, 177, 1875. — Diese Methode wurde von Winkelmann modifiziert; Winkelmann, Pogg. Ann. **156**, 497, 1875. — Die ausführliche Litteraturangabe findet sich in der vollständigen Arbeit.

Wird der Apparat sehr tief evakuiert, so kann die Leitung der Luft vernachlässigt werden, A wird gleich o. Σ behält denselben Wert, wie im lufterfüllten Raume, denn eine bei diesen Versuchen bemerkbare Absorption der Wärmestrahlen durch Luft findet nicht statt. Γ ändert im evakuierten Apparate seinen Wert, denn die Wärmemenge, welche die Oberfläche des Thermometerstieles abgiebt, ist jetzt geringer. In diesem Fall ist also:

$$(2 \qquad -w\frac{d\vartheta}{dt}=\Sigma+\Gamma'$$

Aus diesen beiden Gleichungen folgt, wenn die Grösse $-\frac{d\vartheta}{dt}$, welche die Abkühlungsgeschwindigkeit darstellt, in Gl. 1 mit l, in Gl. 2 mit s bezeichnet wird:

$$(3 \qquad w\cdot(l-s)=A+(\Gamma-\Gamma')$$

A ist die Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit wegen der Leitung der Luft durch jede der isothermen Kugelflächen (ϱ) hindurchgeht, und hat den Wert:

$$(4 \qquad A=-k\,4\pi\,\vartheta\,\frac{Rr}{R-r}$$

Die Differenz $(\Gamma-\Gamma')$ ist eine Korrektionsgrösse und kann nicht streng berechnet werden. Γ ist eine Funktion der W. K. und des Strahlungsvermögens des Glases und der W. K. der Luft (k). Γ' ist von k unabhängig. Die Differenz $(\Gamma-\Gamma')$ wird gleich o wenn $k=o$ wird, und wächst, wenn k wächst. Wir wollen deshalb die für dieses Korrektionsglied erlaubte Annahme machen, dass

$$(\Gamma-\Gamma')=k\cdot C$$

sei. Da ferner $(\Gamma-\Gamma')$ dieselbe Dimension besitzen muss wie A, so können wir auch schreiben

$$(\Gamma-\Gamma')=k\cdot\vartheta\cdot\lambda$$

wo λ eine unbekannte Länge bedeutet.

Aus Gl. 3 folgt nunmehr:

$$(5 \qquad k=w\,\frac{l-s}{\vartheta}\,\frac{R-r}{4\pi Rr-\lambda(R-r)}$$

k ist von der Temperatur abhängig und bezieht sich in Gl. 5, wie früher bewiesen wurde[1]), auf die mittlere Temperatur zwischen Thermometer und Hülle, also auf $\frac{\vartheta}{2}$.

Die Gl. 5 gilt auch dann, wenn die Erwärmung des Apparates gemessen wird. In diesem Falle ändert l, s und ϑ das Vorzeichen.

Wenn sich k zwischen den Temperaturen ϑ_0 und ϑ_1 linear ändert, so ergiebt sich der Temperatur-Koeffizient (T.-K.) γ aus der Gl.:

$$k_{\vartheta_1}=k_{\vartheta_0}\cdot[1+\gamma(\vartheta_1-\vartheta_0)]$$

$$(6 \qquad \gamma=\frac{\frac{k_{\vartheta_1}}{k_{\vartheta_0}}-1}{\vartheta_1-\vartheta_0}$$

In dieser Gleichung tritt das Verhältnis der W.-K. bei verschiedenen Temperaturen auf. Ist k_{ϑ_1} und k_{ϑ_0} nach Gl. 5 mit demselben Apparate bestimmt, so ist das Verhältnis dieser beiden Grössen unabhängig von den Dimensionen des Apparates, denn durch die Ausdehnung mit der Temperatur ändern sich dieselben so wenig, dass das Resultat dadurch nicht merkbar beeinflusst wird. Folglich ist γ auch unabhängig von der uns unbekannten Grösse γ in Gl. 5. Dagegen ist eine genaue Kenntnis des Wasserwertes w bei verschiedenen Temperaturen zur Bestimmung von γ von sehr grosser Wichtigkeit.

Die Gleichungen 5 und 6 führen uns zu dem Schluss, dass es gestattet ist, die hier beschriebene Methode anzuwenden zur Ermittelung von relativen W.-K. und zur Bestimmung der T.-K., aber nicht ohne Vernachlässigung der Grösse λ, über deren Grösse man gar kein Urteil besitzt, zur Auffindung einer absoluten W.-K.

§ 2.

Zu den Messungen dienten drei Apparate[1]), vollständig aus Jenaer Normalglas 16III hergestellt, deren Form Fig. 1 ungefähr wiedergiebt. Die Dimensionen (cm) derselben sind etwa folgende:

App.	R.	r	Teilung d. Thermom.
I	6,5	0,75	v. 0° bis 60° u. v. 100° bis 160°
II	2,5	0,6	v. 0° bis 60° u. v. 100° bis 160°
III	6,5	0,6	v. 0° bis 10°

Bei allen drei Apparaten waren die Thermometer, welche Stickstofffüllung besassen, in die Hüllen eingeschmolzen und in halbe Grade geteilt, nur in der Nähe von 0° und 100° in 0,1°. Sie durften über 300° erhitzt werden.

Von der Hülle führten zwei Ansatzröhren, welche durch je einen Glashahn verschliessbar waren, einerseits zu einem offenen Hg-Manometer und von da zu einer Trockenvorlage, bestehend aus einem Rohr mit konzentrierter Kalilauge, einem Rohr mit H_2SO_4 und zwei Röhren mit P_2O_5; andererseits zu einer Hg-Luftpumpe.

Die Erwärmung geschah in einem Luftbade. Die Abkühlungszeit des Thermometers wurde in Bädern von 0° und 100° bestimmt, welche Rührvorrichtungen besassen. Die Einrichtung einer solchen habe ich früher beschrieben.[2])

Das Bad von 100° enthielt nicht Wasserdampf, sondern Wasser, dessen Temperatur an einem kleinen Thermometer abgelesen wurde. Die Rührvorrichtungen wurden durch einen Heissluftmotor betrieben.

Eine Übersicht über die ganze Versuchsanordnung giebt Fig. 2. A ist das Erwärmungs-

1) Winkelmann, Pogg. Ann. 157, 515, 1876. E. Müller, Wied. Ann. 60, 85, 1897.

1) Dieselben wurden von der Firma F. O. R. Goetze in Leipzig mit vorzüglicher Sorgfalt ausgeführt.

2) l. c. S. 90.

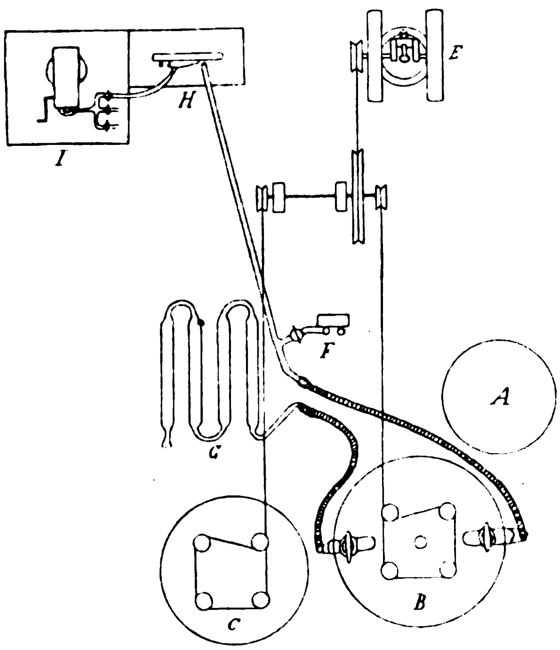


Fig. 2.

gefäss, *B* das Bad von 100^0, *C* das Bad von 0^0, *E* der Heissluftmotor, *F* das offene *Hg*-Manometer, *G* die Trockenvorlage, *H* eine Sprengelsche und *J* eine Geisslersche Luftpumpe.

Die Sprengelsche Luftpumpe wurde nur zur feineren Regulierung der Drucke und zur Erreichung sehr guter Vakua verwendet.

Zur Messung der Abkühlungszeiten diente ein Taschenchronograph, welcher 0,2 Sek. anzeigte und öfter mit einer Normaluhr verglichen wurde. Anfangs- und Endzeit bestimmte ich selbst, die Zwischenzeiten las ein Gehilfe auf ein von mir gegebenes Zeichen ab.

§ 3.

Der Wasserwert der einzelnen Thermometer wurde vor deren Fertigstellung ermittelt. Für die Konstanten des Normalglases wurden die Angaben aus den Abhandl. d. Phyikal. Techn. Reichsanstalt I, S. 104 und Winkelmann, Wied. Ann. 49, S. 401; für die Konstanten des *Hg* die Tabellen von Landolt und Börnstein, S. 40 und 321 verwendet. Dabei macht sich sehr unangenehm die grosse Unsicherheit in der Bestimmung der spez. Wärme des *Hg* bei hohen Temperaturen bemerkbar.

Die Durchmesser der Hüllen wurden ebenfalls vor Fertigstellung der Apparate durch Wiegen mit Wasser genau bestimmt.

Die Temperatur ϑ bedeutet in Gl. 5 die Temperatur der Thermometeroberfläche. Aus der Abkühlungsgeschwindigkeit, dem Durchmesser der Thermometerkugel und der W. K. des *Hg* wurde angenähert der Unterschied zwischen der abgelesenen und der Oberflächen-Temperatur des Thermometers berechnet.

Weitere Korrektionen ergaben sich: 1. Durch Vergleichung mit einem Normalthermometer; 2. durch das langsame Steigen des Nullpunktes infolge des andauernden Erhitzens; 3. durch die Temperatur des herausragenden Fadens; dieselbe wurde, soweit die Skala sichtbar war, gemessen, im Innern der Hülle geschätzt; die Länge des Hg-Fadens im Innern der Hülle hatte ich mir bei der Herstellung der Apparate für verschiedene Stellen in Centrigraden angeben lassen; 4. dadurch, dass der Stand des Thermometers abhängig ist von dem Drucke, welcher in der Hülle herrscht. Im Vakuum zeigten die Thermometer bis 0,8^0 zu tief.

Die Abkühlungsgeschwindigkeiten l bezw. s, sowie die zugehörenden Temperaturen ϑ bestimmte ich nach einer graphischen Methode, welcher kein empirisch gefundenes Gesetz zwischen l und ϑ zu Grunde lag.

Genauere Angaben über die Bestimmung der in Gl. 5 vorkommenden Grössen finden sich in der ausführlichen Abhandlung.

§ 4.

Ein Vorversuch mit dem in Fig. 3 abgebildeten Apparat sollte die Frage entscheiden, ob die Abkühlungszeit des Thermometers wesentlich dadurch beeinflusst werden kann, dass die Thermometerkugel nicht genau in der Mitte der Hülle steht. Durch Drehen des Thermometers im Schliffe *S* konnte die Kugel *r* von der Lage a in die Lage b gebracht werden. Der Durchmesser der Hülle war 6 cm, die Entfernung a b ca. 2 cm. Die Abkühlungszeit der Kugel r von 40^0 bis 10^0 war in der Lage b um nur 1,7 % kleiner als in Lage a. Da bei den in § 3 beschriebenen Apparaten die Thermometergefässe sehr nahe in der Mitte der Hüllen standen, ist in dieser Beziehung kein wesentlicher Fehler zu erwarten.

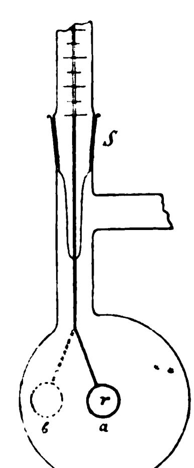


Fig. 3.

Mit den Apparaten I und II wurden die Abkühlungszeiten von 160^0 bis 110^0 im siedenden Wasser und von 60^0 bis 10^0 im Bad von 0^0 gemessen und zwar von 10^0 zu 10^0. Mit Apparat III wurde in denselben Intervallen die Abkühlung von 60^0 bis 10^0 im Eis und die Erwärmung von 40^0 bis 90^0 im siedenden Wasser beobachtet.

Die Versuche begannen mit der Bestimmung von s. Zu dem Zweck musste die Hülle

möglichst tief evakuiert werden und die am Glase adhärierende Luft und Feuchtigkeit so sorgfältig wie möglich entfernt werden. Nachdem die Hähne des Apparates entfernt waren, wurde derselbe ohne Schliff mit einer Sprengelschen Pumpe[1]) verbunden und mehrmals mit reinem Wasserstoff gefüllt. Während des Evakuierens, welches etwa 14 Tage dauerte, wurde der Apparat lange Zeit auf 250^0 bis 300^0 erhitzt und kurz vor dem Abschmelzen desselben von der Pumpe ein eingeschaltetes *U*-Rohr, welches P_2O_5 und Blattgold enthielt, zur Aufnahme von Resten von Wasser und *Hg*-Dampf in eine Kältemischung gebracht. Als Kennzeichen für die Brauchbarkeit des Vakuums wurde die Unveränderlichkeit der Abkühlungszeit während einer längeren Zeit angesehen. Sind nämlich noch Reste von den besonders störenden Dämpfen enthalten, so lösen sich dieselben im Laufe der Zeit los und ändern die Abkühlungszeit[2]). Apparat I änderte z. B. innerhalb 3 Wochen seine Abkühlungszeit um nur 0.6 Prozent, l wurde für sehr verschiedene Drucke zwischen 0 und 450 mm *Hg* bestimmt.

Fig. 4 giebt einen Überblick über alle Versuche. Als Abscissen sind die Drucke p in mm

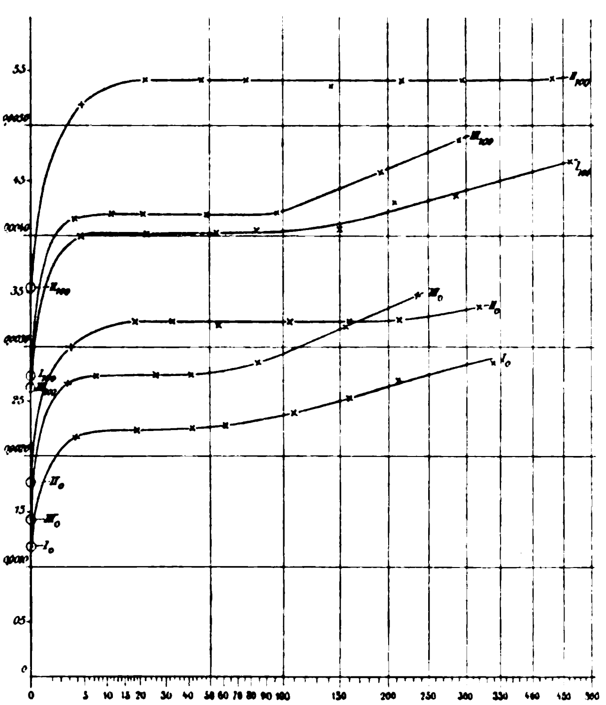


Fig. 4.

Hg angegeben und zwar wurde $\sqrt{p}$ linear aufgetragen. Die Ordinaten stellen die Abkühlungskonstanten $\frac{l}{\vartheta}$ (bezw. $\frac{s}{\vartheta}$ für $p = 0$) dar. Für jede Versuchsreihe ist der Mittelwert eingetragen. Die Kurve I_0 enthält die mit Apparat I im Bade von 0^0 erhaltenen Werte. Die anderen Kurven sind entsprechend bezeichnet.

Apparat III konnte aus Zeitmangel nicht mit der gleichen Sorgfalt evakuiert werden wie die beiden anderen Apparate. Bei der Berechnung zeigte sich, dass für diesen Apparat s ungenau bestimmt ist. Es wurden deshalb die mit diesem Apparat erhaltenen Zahlen zu weiterer Berechnung nicht verwendet.

§ 5.

Von den in Fig. 4 dargestellten Versuchen dürfen zur Berechnung der W.-K. diejenigen nicht benützt werden, bei denen (bei höheren Drucken) ein Wärmeverlust des Thermometers durch Konvektionsströme nachgewiesen werden kann, und diejenigen (bei niederen Drucken), bei denen der Smoluchowskische Temperatursprung bemerkbar auftritt. Nach Kundt und Warburg[1]) sind in Fig. 3 die zur Berechnung verwendbaren Versuche durch solche Punkte dargestellt, in denen die Kurven parallel der Abscissenachse laufen.

In der folgenden Tabelle bedeutet $f(Rr)$ den Faktor $\frac{R-r}{4\pi Rr}$ in Gleichung 5 (S. 162), wobei $\lambda = 0$ gesetzt ist, ϑ_1 die Temperatur des Thermometers, $\frac{l}{\vartheta}$ und $\frac{s}{\vartheta}$ die Mittelwerte der Abkühlungskonstanten, welche aus allen zur Berechnung verwendbaren Versuchen gewonnen wurden; w_{ϑ_1} sind die Wasserwerte der Thermometer bei der Temperatur ϑ_1, ϑ' ist die Temperatur, auf welche sich die W.-K. k bezieht; γ ist der T.-K.

Apparat	I		II	
$f(R,r)$	0,0946		0,0897	
ϑ_1	35	135	35	135
$\frac{l}{\vartheta} \cdot 10^3$	2,24	4,01	3,23	5,40
$\frac{s}{\vartheta} \cdot 10^3$	1,19	2,73	1,70	3,50
$\frac{l-s}{\vartheta} \cdot 10^3$	1,05	1,28	1,53	1,90
w_{ϑ_1}	0.593	0,577	0,367	0 356
$k \cdot 10^5$	5.89	6,99	5,04	6,07
ϑ'	17.5	117,5	17,5	117,5
γ	0,00187		0,00204	

Ein Vergleich der Werte für k, die mit den Apparaten I und II gefunden wurden, lehrt un-

1) E. Müller, Wied. Ann. 65, 476, 1898.
2) Kundt und Warburg l. c.

1) l. c. S. 117.

zweideutig, dass die Grösse λ in Gleichung 5 nicht vernachlässigt werden darf; denn dass es keine Beobachtungsfehler sind, welche die grosse Abweichung der Werte für k von rund 15 Prozent hervorrufen, zeigt die Übereinstimmung der Werte für γ, die mit denselben Apparaten erhalten sind.

Der Unterschied zwischen den beiden Bestimmungen von γ beträgt zwar 9,2 %, doch wird derselbe vollständig durch unvermeidliche Beobachtungsfehler erklärt. Werden die Thermometer auf $0,1^0$ genau abgelesen, so überträgt sich auf die Bestimmung der Abkühlungsgeschwindigkeit ein Fehler von mindestens 0,2 %. Aus diesem Anlass allein erhält k einen Fehler von 0,4 % und das Verhältnis der W.-K. wie es in Gl. 5 auftritt, wird um 0,8 % ungenau. Da der Fehler der Gl. 5 eine Differenz zweier Grössen enthält, welche beide in ihrer ersten Stelle die Ziffer 1 enthalten, so wird die Ungenauigkeit von γ verzehnfacht, also 8 %. Weitere Fehlerquellen liegen in der Bestimmung der Wasserwerte. Infolge der Unsicherheit in der Kenntnis der spez. Wärme des Hg kann γ um 3 % grösser oder kleiner sein. Schliesslich ist die spez. Wärme des Glases als konstant angenommen, was sicher nicht der Fall ist.

Auf Grund der oben beschriebenen Versuche kann ich für den T.-K. folgenden Wert angeben:

$$\gamma = 0,00196.$$

Derselbe wird grösser, sobald die Zunahme der spez. Wärme des Glases mit der Temperatur berücksichtigt wird.

Winkelmann[1]) bestimmte nach der in der Einleitung zitierten modifizierten Methode die W.-K. der Luft absolut und zwar mit Metallapparaten, für welche, wie aus der Konstruktion derselben leicht zu ersehen ist, λ sehr klein sein muss. Nach dem Resultat, welches ich soeben gewonnen habe, sind die Werte der W.-K., welche Winkelmann mit seinen Metallapparaten erhalten hat, von allen übrigen absoluten Bestimmungen die einzig zuverlässigen. Winkelmann fand im Mittel:

$$k_{6,1} = 5.76 \cdot 10^{-5}.$$

Verbindet man mein Resultat mit dem von Winkelmann gefundenen absoluten Werte der W.-K., so findet man:

$$k = 5,69 \cdot 10^{-5} \cdot (1 + 1,96 \cdot 10^{-3}\, t).$$

Der Koeffizient der Wärmeleitung nimmt für Luft mit steigender Temperatur zu und zwar ist derselbe proportional einer Potenz der absoluten Temperatur, deren Exponent $\alpha = 0,57$ zu setzen ist.

Die vorstehenden Untersuchungen haben zu folgendem Ergebnis geführt:

1. Für Luft wächst der Koeffizient der Wärmeleitung langsamer mit der Temperatur, als der Koeffizient der inneren Reibung.
2. Sowohl theoretisch, wie experimentell wurde gezeigt, dass die benützte Methode nur zu relativen Messungen, aber nicht zu absoluten verwendet werden darf.

Für die mannigfache Unterstützung bei der Ausführung der vorstehenden Arbeit im Physikalischen Institute der Universität Leipzig, fühle ich mich meinem hochverehrten verstorbenen Lehrer, Herrn Geheimrat G. Wiedemann, zu grossem Dank verpflichtet.

Erlangen, November 1900.

(Eingegangen 24. November 1900.)

1) Winkelmann, Wied. Ann. **44**, 429, 1891; **48**, 180, 1893.

Beitrag zur Kenntnis der Spitzenstrahlung aus einem Teslapole.

Von E. Knoblauch.

Versuche mit den nach Tesla benannten Hochfrequenzwechselströmen haben gezeigt[1]), dass derartige Ströme zu einer feinen Metallspitze geführt, eine dieser gegenüberstehende, isoliert aufgestellte Metallplatte in Luft in näherer Entfernung immer positiv laden, während in grösserem Abstande die Platte stets negative Ladung zeigt.

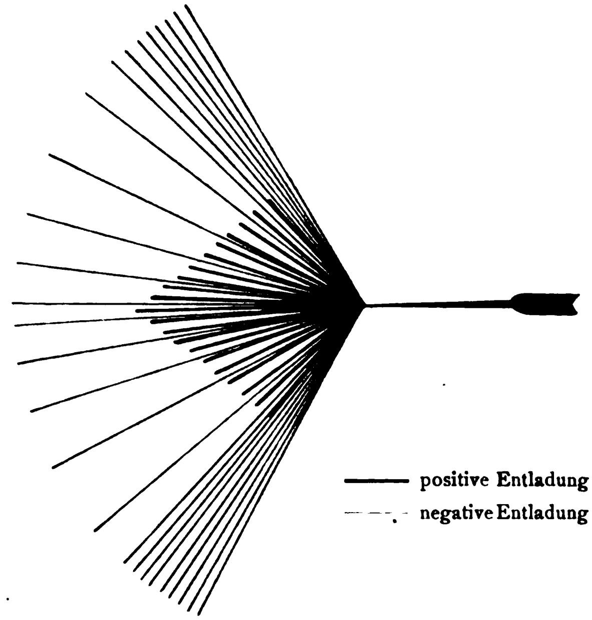
Im Anschluss an diese Beobachtungen habe ich zur Erklärung dieser höchst merkwürdigen Erscheinung auf Veranlassung und unter Leitung von Herrn Professor Dr. Wachsmuth im Physikalischen Institute der Universität Rostock weitere Untersuchungen hierüber angestellt.

Zuerst wurde experimentell festgestellt, in welchem Verhältnis das an einer Teslaspitze gemessene Potential zu dem der in verschiedenen Entfernungen aufgestellten Spitze steht: Es ergab sich, dass die Teslaspitze kein konstantes Potential hat, wenn man ihr in variiertem Abstande eine Metallplatte gegenüberstellt, vielmehr zeigt sie ihre Maximalspannung, wenn das Funkenspiel Spitze-Platte erloschen ist, kurz darauf nimmt erst das Potential einen konstanten Wert an. Das Potential der der Spitze gegenüberstehenden Platte erhält seinen Maximalwert an gleicher Stelle.

Ein jetzt im abgedunkelten Experimentierzimmer angestellter Versuch zeigte, dass aus der Spitze sichtbare Büschelentladungen ausstrahlen; ich kam daher zu der Annahme, dass die positive Ladung der Platte aus diesen Büschelentladungen stammt. In der That: verhindert man das Auftreffen dieser Büschel auf

1) F. Himstedt, Wied. Ann. **68**, 294, 1899.

die Platte, indem man die Platte in geeigneter Weise ausschneidet, so lässt sich letztere selbst in nächstem Abstande nicht mit positiver Ladung versehen. Messungen mit verschiedenen Ausschnittsgrössen zeigten, dass je grösser der Ausschnitt, umsomehr der Umkehrpunkt des Ladungssinnes an die Spitze herangerückt wird.



Analog diesen Resultaten sind die, welche ich mit Lichtenbergschen Staubfiguren erhalten habe: Durch das direkte Funkenspiel wurden zunächst Figuren gebildet, die den Charakter einer oszillierenden Leydener-Flaschen-Entladung haben, die negative Ladung befindet sich hier in der Mitte, die positive Ladung gruppiert sich dagegen sternförmig um diese herum. Dies beweist, dass aus der Spitze thatsächlich positive und negative Elektrizität ausströmt, wie es schon Herr Himstedt auf andere Weise gezeigt hat.

Nach Abklingen des Funkenspiels werden die Figuren rein positiv und bei weiterem Abstande werden die positiven Figuren allmählich kleiner, so dass man zu dem Schlusse berechtigt ist, dass in der Verlängerungslinie der Spitze die positive Ausstrahlung am kräftigsten wirkt, da in dieser Richtung positive Ladungsteilchen noch auf die Platte gelangen, während für die nicht zentralen Teilchen die Kraft zur Erreichung der Platte nicht mehr ausreicht.

Die Umkehr der positiven in die negative Ladung erklärt sich also so, dass die positiven Büschelentladungen die Platte in einem Abstande von ca. 45 mm nicht mehr treffen und nur noch die sich weiter in den Raum fortpflanzenden negativen Ladungsteilchen die Platte erreichen können, diese wirken sogar noch in einem Abstande von 75—100 cm deutlich.

Andererseits haben Versuche mit Lichtenbergschen Figuren nach einer von K. Antolik[1]) angegebenen Methode gezeigt, dass die Ausstrahlung aus der Spitze in Form eines Kegels vor sich geht, dessen äusserer Mantel ausschliesslich negative Elektrizität und dessen Inneres vorwiegend positive Büschelentladungen enthält (s. Figur).

Der Winkel, den die Strahlung bildet, beträgt, wie weitere Versuche zeigen, ca. 120°; nähert man der Spitze einen Gegenstand, so wird der Winkel allmählich stumpfer.

Ausführlichere Mitteilungen über meine Versuchsanordnungen und Resultate behalte ich mir vor, demnächst zu veröffentlichen.

1) K. Antolik, Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. 1891/92, 5.

Rostock, Physikalisches Institut, den 27. November 1900.

(Eingegangen 28. November 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Beziehungen zwischen der experimentellen und der mathematischen Physik.

Von H. Poincaré.[1])

Bedeutung des Experimentes und der Verallgemeinerung.

Das Experiment ist die einzige Quelle der Wahrheit: einzig das Experiment kann uns etwas Neues lehren; nur es kann uns Gewissheit verschaffen. Das sind zwei Sätze, die niemand bestreiten kann.

Wenn aber das Experiment alles bedeutet, welcher Platz bleibt für die mathematische Physik übrig? Was hat dann die Experimentalphysik mit einem solchen Hilfsmittel zu thun, welches

1) Vortrag gehalten auf dem internationalen Physikerkongress zu Paris, am 7. August 1900. Siehe Rapports du Congrès International de Physique, tome I, 1—29, Paris 1900.

unnütz und vielleicht sogar gefährlich erscheint?

Und trotzdem giebt es eine mathematische Physik; ja sie hat unleugbare Dienste geleistet; das ist eine Thatsache, mit der wir uns auseinandersetzen müssen.

Es genügt eben nicht, dass man beobachtet, die Beobachtungen müssen auch verwertet werden; und dazu muss man verallgemeinern. Das hat man zu allen Zeiten gethan; nur hat man, da die Erinnerung an vergangene Irrtümer den Menschen immer umsichtiger gemacht hat, immer mehr beobachtet und immer weniger verallgemeinert.

Jedes Jahrhundert machte sich über das Vergangene lustig und warf ihm vor, zu schnell und zu naiv verallgemeinert zu haben. Descartes sah mitleidig auf die Ionier herab; Descartes seinerseits wird von uns belächelt; ohne Frage werden auch unsere Nachkommen eines Tages über uns lachen.

Können wir denn aber nicht ohne weiteres ans Ziel gelangen? Giebt es kein Mittel, diesem Spotte zu entrinnen, den wir vor uns sehen? Können wir uns nicht mit dem reinen Experimente begnügen?

Nein, das ist unmöglich; das hiesse vollständig den wahren Charakter der Wissenschaft verkennen. Der Forscher muss ordnen; man macht Wissenschaft aus Thatsachen, wie man ein Haus aus Steinen baut; aber eine Anhäufung von Thatsachen ist noch ebensowenig eine Wissenschaft, wie ein Haufen Steine ein Haus.

Vor allen Dingen muss der Forscher voraussehen. Carlyle schrieb einmal irgendwo folgendes: „Auf die Thatsache allein kommt es an; Johann ohne Land ist hier vorüber gekommen, wohlan, das ist bewundernswert, das ist eine Wirklichkeit, für die ich alle Theorien der Welt hingäbe.“ Carlyle war ein Landsmann von Bacon; wie dieser predigte er unablässig die Verehrung „for the God of Things as they are“; aber Bacon hätte so etwas nicht gesagt. Das ist die Sprache des Geschichtsschreibers. Der Physiker würde vielmehr sagen: „Johann ohne Land ist hier vorüber gekommen; das ist mir ganz gleichgültig, da er doch nicht mehr vorbeikommen wird.“

Wir wissen alle, dass es gute und schlechte Experimente giebt, die letzteren wird man vergebens häufen; ob man ihrer Hundert, ob man ihrer Tausende macht, eine einzige Arbeit eines wahren Meisters, eines Pasteur z.B., wird genügen, sie in Vergessenheit geraten zu lassen. Bacon würde das sehr wohl verstanden haben, er ist es ja, der das Wort experimentum crucis erfunden hat. Aber Carlyle durfte das nicht verstehen. Eine Thatsache ist eine Thatsache; ein Schüler hat eine Zahl auf seinem Thermometer abgelesen, irgend eine Vorsicht hat er dabei nicht gebraucht; das thut nichts zur Sache, er hat sie abgelesen, und wenn eben nur die Thatsache etwas gilt, so hat er da mit demselben Anspruch eine Wirklichkeit, wie die Pilgerfahrten des Königs Johann ohne Land es sind. Was ist also ein gutes Experiment? Das ist ein solches, welches uns etwas Anderes kennen lehrt, wie eine blosse Thatsache; welches uns voraussehen, d. h. verallgemeinern lehrt.

Denn ohne Verallgemeinerung ist eine Voraussicht unmöglich. Die Umstände, unter denen man operiert hat, werden sich nie in ganz derselben Weise wiederholen. Die beobachtete Thatsache wird also niemals noch einmal eintreten; das einzige, was man behaupten kann, ist, dass unter analogen Umständen eine analoge Thatsache eintreten wird. Um vorauszusehen, muss man also zum mindesten die Analogie zu Hilfe nehmen, d. h. aber schon verallgemeinern.

So gewissenhaft man aber auch sein mag, man muss notwendigerweise interpolieren; das Experiment giebt uns nur eine bestimmte Anzahl von vereinzelten Punkten, man muss sie durch eine kontinuierliche Kurve verbinden; das ist eine regelrechte Verallgemeinerung. Aber man thut noch mehr: die Kurve, welche man zieht, wird sich zwischen den beobachteten Punkten hindurch- und nahe bei ihnen vorbeiwinden; sie wird nicht durch diese Punkte selbst hindurchgehen. Man beschränkt sich also nicht darauf, das Experiment zu verallgemeinern, man verbessert es sogar; und der Physiker, der sich dieser Verbesserungen enthalten und sich in Wahrheit mit dem reinen Experimente begnügen wollte, würde gezwungen sein, ganz absonderliche Gesetze auszusprechen.

Die ganz nackten Thatsachen würden uns also nicht genügen; und darum brauchen wir eine geordnete oder richtiger eine organisierte Wissenschaft.

Man sagt oft, es sei nötig, ohne eine vorgefasste Idee zu experimentieren. Das ist aber garnicht möglich; nicht nur würde dadurch jedes Experiment unfruchtbar, sondern man würde etwas wollen, was man garnicht könnte. Jeder trägt in sich seine Auffassung von der Welt, von der er sich so leicht nicht frei machen kann. Wir müssen uns doch z. B. der Sprache bedienen, und unsere Sprache ist doch nur aus vorgefassten Ideen zusammengemengt, kann es auch nicht anders sein. Nur sind das unbewusst vorgefasste Ideen, die tausendmal gefährlicher sind, als die andern.

Wenn wir also andere aufkommen lassen, deren wir uns vollbewusst sind, werden wir dann das Übel etwa schlimmer machen? Ich glaube nicht; ich bin vielmehr der Ansicht, dass sie sich wechselseitig als Gegengewicht, ich möchte fast sagen, als Gegengift dienen werden; sie werden im allgemeinen schlecht miteinander

auskommen, die einen werden mit den andern in Konflikt geraten, und uns dadurch zwingen, die Dinge unter anderen Gesichtspunkten anzusehen. Das genügt, um uns zu befreien; man ist nicht mehr Sklave, wenn man sich seinen Herrn wählen kann.

So befähigt uns, dank der Verallgemeinerung, jede beobachtete Thatsache, eine ganze Anzahl weiterer vorauszusehen; nur dürfen wir nicht vergessen, dass die erste allein gewiss ist, dass alle weiteren aber besten Falls wahrscheinlich sind. So fest begründet uns auch eine Voraussicht erscheinen mag, wir sind doch niemals absolut sicher, dass das Experiment sie nicht zu Schanden machen wird, wenn wir daran gehen, sie wahr zu machen. Aber die Wahrscheinlichkeit ist oft gross genug, dass wir uns praktisch mit ihr zufrieden geben können. Es ist mehr wert, ohne Gewissheit vorauszusehen, als überhaupt nicht vorauszusehen.

Man darf es also niemals von der Hand weisen, eine Bestätigung vorzunehmen, wenn sich Gelegenheit dazu bietet. Aber jedes Experiment ist langwierig und schwer, der Arbeiter sind nicht gar so viele, und die Zahl der Thatsachen, welche wir voraussehen sollen, ist unendlich; dieser Masse gegenüber würde die Zahl der direkten Bestätigungen, die wir gewinnen könnten, garnicht in Betracht kommen.

Von diesem Wenigen, was uns direkt zugänglich ist, muss man den besten Teil erwählen; jedes Experiment muss uns eine möglichst grosse Zahl von zukünftigen Erfahrungen mit dem grösstmöglichen Grade von Wahrscheinlichkeit vorauszusehen gestatten. Es gilt sozusagen, den Nutzeffekt der wissenschaftlichen Maschine zu erhöhen.

Es sei mir gestattet, die Wissenschaft mit einer Bibliothek zu vergleichen, die ohne Unterlass wachsen muss; der Bibliothekar verfügt für seine Einkäufe nur über ungenügende Kredite, er muss bemüht sein, sie nicht zu verschleudern.

Die Experimentalphysik nun ist es, die die Einkäufe zu besorgen hat; sie allein also kann die Bibliothek bereichern.

Die mathematische Physik andererseits hat die Aufgabe, den Katalog in Stand zu halten. Wenn der Katalog gut ist, wird die Bibliothek zwar nicht reicher sein, aber sie wird dem Leser helfen, sich dieser Reichtümer zu bedienen.

Er wird ferner dem Bibliothekar helfen, seine Kredite umsichtig zu verwenden, indem er ihm die Lücken seiner Sammlung zeigt; und das ist um so wichtiger, da seine Mittel durchaus unzulänglich sind.

Dies ist also die Aufgabe der mathematischen Physik, sie muss die Verallgemeinerung derart leiten, dass sie das vermehrt, was ich soeben den Nutzeffekt der Wissenschaft genannt habe. Wie sie dazu gelangt, und wie sie es ohne Gefahr thun kann, ist, was uns zu untersuchen übrig bleibt.

Die Einheitlichkeit der Natur.

Vorerst ist zu beachten, dass jede Verallgemeinerung gewissermassen den Glauben an die Einheitlichkeit und die Einfachheit der Natur zur Voraussetzung hat. In Bezug auf die Einheitlichkeit kann es eine Schwierigkeit hier nicht geben. Wenn nicht die einzelnen Teile des Weltalls sich wie die Glieder eines und desselben Körpers verhielten, so würden sie nicht aufeinander wirken, sie würden sich gegenseitig ignorieren; und wir insbesondere würden nur einen einzigen davon kennen. Wir haben uns also nicht zu fragen, ob die Natur einheitlich ist, sondern in welchem Sinne sie es ist.

Was den zweiten Punkt betrifft, so ist die Sache hier nicht so leicht. Es ist keineswegs sicher, dass die Natur einfach ist. Können wir ohne Gefahr so thun, als ob sie es wäre?

Es gab eine Zeit, wo die Einfachheit des Marriotteschen Gesetzes als beliebtes Argument zu Gunsten seiner Genauigkeit galt; wo sich selbst Fresnel, nachdem er in einer Unterhaltung mit Laplace gesagt hatte, die Natur kümmere sich nicht um analytische Schwierigkeiten, für verpflichtet hielt, dieses Wort näher auseinander zu setzen, um der herrschenden Meinung nicht allzusehr vor den Kopf zu stossen.

Heutzutage haben sich die Anschauungen sehr geändert; und trotzdem sehen sich diejenigen, die durchaus nicht glauben, die Naturgesetze müssten einfach sein, auch heute noch häufig gezwungen so zu thun, als ob sie es glaubten. Sie können sich dieser Notwendigkeit nicht ganz entziehen, ohne jede Verallgemeinerung und damit jede Wissenschaft unmöglich zu machen.

Es ist klar, dass irgend eine Thatsache in unzählig vieler Weise verallgemeinert werden kann, und es ist notwendig, eine Auswahl zu treffen; diese Auswahl wird sich nur durch Erwägungen der Einfachheit leiten lassen. Nehmen wir den alleralltäglichsten Fall, den der Interpolation. Wir ziehen eine kontinuierliche Kurve so regelmässig als möglich zwischen den durch die Beobachtung gegebenen Punkten hindurch. Warum vermeiden wir Ecken und allzu scharfe Biegungen? Warum hüten wir uns, unsere Kurve im Zickzack laufen zu lassen? Weil wir voraus wissen oder wenigstens zu wissen glauben, dass das zum Ausdruck zu bringende Gesetz nicht so kompliziert sein kann.

Man kann die Masse des Jupiter entweder aus den Bewegungen seiner Monde oder aus

den Störungen der grossen Planeten oder denjenigen der kleinen Planeten berechnen. Wenn man den Mittelwert der nach diesen drei Methoden erhaltenen Bestimmungen nimmt, so findet man drei benachbarte, aber doch sehr verschiedene Zahlen. Man könnte dieses Resultat so deuten, dass die Konstante der Schwerkraft in diesen drei Fällen nicht dieselbe sei. die Beobachtungen wären dadurch sehr viel besser wiedergegeben. Warum weisen wir trotzdem diese Deutung von der Hand? Nicht weil sie absurd ist, sondern weil sie unnötig kompliziert ist. Man wird sie an demselben Tage annehmen, wo sie sich aufdrängt, aber sie hat sich noch nicht aufgedrängt. Kurz, jedes Gesetz wird meist für einfach gehalten, bis der Beweis vom Gegenteil erbracht ist.

Diese Gewohnheit hat sich den Physikern aufgedrängt durch Gründe, die ich auseinandersetzen will; aber wie ist sie zu rechtfertigen, im Angesichte der Entdeckungen, die uns mit jedem Tage neue, reichere und verwickeltere Einzelheiten zeigen? Wie lässt sie sich in Einklang bringen mit dem Gefühle der Einheitlichkeit der Natur? Denn wenn alles von allem abhängig ist, so können die Beziehungen, bei denen so vielerlei Dinge eine Rolle spielen, nicht mehr einfach sein.

Wenn wir die Geschichte der Wissenschaft studieren, so beobachten wir zweierlei, sozusagen entgegengesetzte Fälle: bald verbirgt sich die Einfachheit hinter verwickelten Erscheinungen, bald dagegen tritt die Einfachheit zu Tage und verschleiert in Wirklichkeit äusserst komplizierte Vorgänge.

Was kann es Komplizierteres geben als die wirren Planetenbewegungen, und was Einfacheres als das Gesetz von Newton? Hier verwendet die Natur, jeder analytischen Schwierigkeit spottend, wie Fresnel sagte, nur einfache Mittel und erzeugt durch ihr Zusammenwirken ein wer weiss wie unauflösliches Gewirre. Und es gilt hier, die verschleierte Einfachheit zu enthüllen.

Beispiele vom Gegenteil giebt es in Hülle. In der kinetischen Gastheorie betrachtet man die Moleküle als von grossen Geschwindigkeiten belebt, deren Bahnen, durch unaufhörliche Stösse verwirrt, die seltsamsten Formen bilden und den Raum nach allen Richtungen hin durchfurchen. Das Resultat, was zu Tage tritt, ist das einfache Marriottesche Gesetz; jede Einzelthatsache war verwickelt, das Gesetz der grossen Zahlen hat die Einfachheit im Mittelwerte wieder hergestellt. Hier tritt also die Einfachheit zu Tage, und die Grobheit unserer Sinne verhindert uns, die Kompliziertheit wahrzunehmen.

Viele Erscheinungen gehorchen einem Gesetze der Proportionalität; aber warum? Weil es bei diesen Erscheinungen etwas giebt, was sehr klein ist. Das einfache beobachtete Gesetz ist dann nur eine Übertragung der allgemeinen analytischen Regel, nach der ein unendlich kleiner Zuwachs der Funktion proportional dem Zuwachs der Variablen ist. Da in Wahrheit der Zuwachs bei unseren Beobachtungen nicht unendlich klein, sondern nur sehr klein ist, so ist das Gesetz der Proportionalität nur ein angenähertes und die Einfachheit nur eine scheinbare. Was ich eben gesagt habe, gilt ebenso für das Prinzip der Superposition kleiner Bewegungen, dessen Anwendung so fruchtbar ist, und welches die Grundlage der Optik bildet.

Und das Newtonsche Gesetz selbst? Seine Einfachheit, die solange verborgen war, ist vielleicht auch nur eine scheinbare. Wer weiss, ob es nicht auch eine Folge ist irgend eines komplizierten Mechanismus, eines Stosses irgend einer subtilen, von unregelmässigen Bewegungen belebten Materie, und ob es nicht nur durch das Spiel der Mittelwerte und der grossen Zahlen einfach geworden ist? Jedenfalls ist es schwer, nicht anzunehmen, dass das einfache Gesetz Restglieder enthält, die sich erst bei kleinen Entfernungen geltend machen. Wenn sie in der Astronomie gegenüber denjenigen Newtons vernachlässigt werden können, und das Gesetz so seine Einfachheit wiedergewinnt, so wäre das nur der Ungeheuerlichkeit der himmlischen Entfernungen zu danken.

Zweifellos: wenn unsere Untersuchungsmittel feiner und feiner würden, so würden wir zunächst das Einfache hinter dem Verwickelten entdecken, dann wieder das Verwickelte hinter dem Einfachen, schliesslich abermals das Einfache hinter dem Verwickelten und so fort, ohne dass wir voraussehen könnten, welches der letzte Ausdruck sein würde.

Irgendwo muss man aufhören; und damit die Wissenschaft möglich ist, muss man aufhören, wenn man die Einfachheit gefunden hat. Das ist der einzige Grund, auf welchem wir das Gebäude unserer Verallgemeinerungen aufrichten können. Aber, wenn diese Einfachheit nur eine scheinbare ist, wird dieser Grund fest genug sein? Wir wollen das untersuchen.

Dazu wollen wir ins Auge fassen, welche Rolle bei unseren Verallgemeinerungen der Glaube an die Einfachheit spielt. Wir haben ein einfaches Gesetz in einer genügend grossen Zahl von Einzelfällen bestätigt; wir weigern uns, zuzugeben, dass dieses so oft wiederholte Zusammentreffen bloss eine Wirkung des Zufalls sei, und wir schliessen daraus, dass das Gesetz im allgemeinen Falle wahr sein muss.

Kepler bemerkt, dass die von Tycho beobachteten Stellungen eines Planeten alle auf derselben Ellipse liegen. Er kommt keinen

Augenblick auf den Gedanken, Tycho könnte durch ein merkwürdiges Spiel des Zufalls den Himmel immer nur in den Zeitpunkten beobachtet haben, wo die wahre Bahn des Planeten diese Ellipse gerade schnitt.

Was bedeutet es demnach, dass die Wahrheit einfach ist, oder dass sie eine verwickelte Wahrheit verdeckt? Sei sie nun dem Einflusse der grossen Zahlen zuzuschreiben, welche die individuellen Verschiedenheiten ausgleicht, oder werde sie dem relativen Werte gewisser Grössen verdankt, welcher bestimmte Ausdrücke zu vernachlässigen erlaubt, jedenfalls ist sie keine Folge des Zufalls. Diese Einfachheit, wirklich oder scheinbar, hat immer einen Grund. Wir werden also immer die nämliche Überlegung anstellen können; und wenn ein einfaches Gesetz in mehreren Einzelfällen beobachtet worden ist, so werden wir streng annehmen können, dass es auch in den analogen Fällen wahr ist. Uns hieran hindern, hiesse dem Zufall eine unzulässige Rolle zuschieben.

Indessen gilt es Unterschiede zu machen. Wenn die Einfachheit eine wirkliche und tiefer begründete wäre, so würde sie vor der wachsenden Genauigkeit unserer Messinstrumente Stand halten. Denn wenn wir die Natur im Grunde für einfach hielten, so müssten wir von einer angenäherten Einfachheit auf strenge Einfachheit schliessen. Das hat man auch einst gethan; wir aber haben das Recht nicht mehr, es zu thun.

Die Einfachheit der Keplerschen Gesetze beispielsweise ist nur eine scheinbare. Das hindert keineswegs, sie auf alle dem Sonnensysteme analogen Systeme anzuwenden, aber es hindert, dass sie streng richtig sind.

Die Bedeutung der Hypothese.

Jede Verallgemeinerung ist eine Hypothese; die Hypothese hat also eine notwendige Bedeutung, die noch nie jemand bestritten hat. Nur muss sie alle Zeit, so bald und so oft als möglich, der Bestätigung unterzogen werden. Es ist selbstverständlich, dass man sie ohne Hintergedanken verlassen muss, wenn sie diese Prüfung nicht besteht. Das geschieht auch im allgemeinen, aber zuweilen mit einem gewissen bitteren Gefühle.

Freilich selbst dieses bittere Gefühl ist nicht gerechtfertigt. Der Physiker, der in der Lage ist, auf eine seiner Hypothesen zu verzichten, müsste im Gegenteil voller Freude sein, denn er ist im Begriff, eine unverhoffte Gelegenheit zu Entdeckungen zu finden. Seine Hypothese, bilde ich mir ein, war nicht so leichthin angenommen worden; sie trug allen denjenigen bekannten Faktoren Rechnung, die an der Erscheinung mitwirken zu können schienen. Wenn die Bestätigung ausbleibt, so heisst das, dass irgend etwas Unerwartetes, Aussergewöhnliches da ist; man ist also im Begriff, etwas Neues zu finden.

Ist eine Hypothese, die so zu Falle kommt, unfruchtbar gewesen? Weit entfernt. Man kann vielmehr sagen, dass sie mehr Dienste geleistet hat, als eine wahre Hypothese; sie war nicht nur die Veranlassung zu einem entscheidenden Experiment, sondern man würde ohne die Hypothese dieses Experiment höchstens zufällig gemacht haben, so dass man nichts daraus geschlossen haben würde; man würde nichts Aussergewöhnliches darin erblickt haben, man würde nur eine Thatsache mehr registriert haben, ohne eine Konsequenz daraus zu ziehen.

Unter welcher Bedingung ist nun die Verwendung der Hypothese ohne Gefahr?

Der feste Vorsatz, sich dem Experimente zu unterwerfen, genügt nicht; es giebt auch dann noch gefährliche Hypothesen; das sind in erster Linie und immer diejenigen, die verschwiegen und unbewusst sind. Da wir sie machen, ohne es zu wissen, sind wir ohnmächtig, sie zu verlassen. Hier kann uns also die mathematische Physik noch einen weiteren Dienst leisten. Durch die Strenge, die ihr eigen ist, zwingt sie uns, alle Hypothesen zu formulieren, die wir auch ohne sie machen konnten, über die sie uns aber in keinem Zweifel lässt.

Halten wir auf der andern Seite fest, dass es wichtig ist, die Hypothesen nicht ohne Maass zu häufen und immer nur eine nach der andern aufzustellen. Wenn wir eine auf mehrfache Hypothesen begründete Theorie aufstellen, und wenn das Experiment dieselbe verwirft, welche von unseren Voraussetzungen müssen wir dann ändern? Es wäre unmöglich, das zu wissen. Und umgekehrt, wenn das Experiment glückt, wird man dann glauben, alle Hypothesen auf einmal bestätigt zu haben? Wird man glauben, durch eine einzige Gleichung mehrere Unbekannte bestimmt zu haben?

In gleicher Weise muss man Sorge tragen, zwischen den verschiedenen Arten von Hypothesen zu unterscheiden. Man hat da in erster Linie solche, die durchaus natürlich sind, und denen man sich kaum entziehen könnte. Es ist schwer, nicht anzunehmen, dass der Einfluss sehr entfernter Körper vollständig vernachlässigt werden kann, dass die kleinen Bewegungen einem linearen Gesetze gehorchen, dass die Wirkung eine stetige Funktion ihrer Ursache ist. Ich möchte das gleichsam als Bedingungen bezeichnen, die durch Symmetrie vorgeschrieben sind. Alle diese Hypothesen bilden sozusagen den gemeinsamen Boden aller Theorien der mathematischen Physik. Es sind die letzten, die man aufzugeben braucht.

Eine zweite Klasse von Hypothesen möchte ich als die indifferenten bezeichnen. Bei den

meisten Fragen setzt der Analytiker beim Beginn seiner Rechnung voraus, dass die Materie entweder kontinuierlich oder dass sie im Gegenteil aus Atomen zusammengesetzt ist. Er würde auch etwas ganz Anderes gethan haben, wenn nur seine Resultate dadurch nicht geändert würden; vielleicht hätte er dadurch mehr Mühe gehabt, sie zu erhalten, das wäre alles. Wenn jetzt das Experiment seine Schlussfolgerungen bestätigt, wird er dann denken, beispielsweise die wahre Existenz von Atomen nachgewiesen zu haben?

In die optischen Theorien werden zwei Vektoren eingeführt, von denen man den einen als Geschwindigkeit, den anderen als Kreisbewegung ansieht. Das ist so eine indifferente Hypothese, da man zu denselben Schlüssen gelangt wäre, wenn man das gerade Gegenteil gethan hätte; denn der Erfolg des Experimentes kann nicht beweisen, dass der erste Vektor in der That eine Geschwindigkeit ist; er beweist nur eins, nämlich, dass es ein Vektor ist; das ist die einzige Hypothese, die man in der That in die Voraussetzungen eingeführt hat. Um ihm einen konkreten Inhalt zu geben, wie ihn die Schwäche unseres Geistes verlangt, musste man ihn entweder als Geschwindigkeit oder als Kreisbewegung ansehen; ebenso gut hätte man ihn durch einen Buchstaben x oder y darstellen können; wie aber auch immer das Resultat ausfällt, es wird niemals beweisen, dass man Recht oder Unrecht gehabt habe, ihn als eine Geschwindigkeit anzusehen; sowenig wie es beweisen wird, ob man Recht oder Unrecht gehabt habe, ihn x und nicht y zu nennen.

Diese indifferenten Hypothesen sind niemals gefährlich, vorausgesetzt, dass man nicht ihren Charakter verkennt. Sie können nützlich sein, sei es, als Kunstgriffe der Rechnung, sei es, um unser Begriffsvermögen durch konkrete Bilder zu stützen und die Ideen zu fixieren, wie man sagt. Man braucht sie daher nicht in die Acht zu erklären.

Die Hypothesen der dritten Klasse sind die wahren Verallgemeinerungen. Sie sind es, die das Experiment bestätigen oder verwerfen muss. Bestätigt oder verworfen, werden sie immer fruchtbar sein. Aber aus den Gründen, die ich auseinandergesetzt habe, werden sie es nur dann sein, wenn man sie nicht häuft.

(Fortsetzung folgt.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

M. R. Bourgeois, Verteilung der Schwereintensität auf der Erdoberfläche. 21 Seiten.

Die Arbeit beschäftigt sich mit der Bestimmung der Schwerebeschleunigung auf der Erdoberfläche. Im ersten Teil giebt der Verfasser die historische Entwickelung der Beobachtungsmethoden. Als Galilei 1629 die Grundgesetze der Schwingungsdauer eines Pendels aufstellte, als ein halbes Jahrhundert später Huyghens das Wesen des physischen Pendels aufklärte, als zu gleicher Zeit Abt Picard in dem Bestreben, das Pendel als Uhrregulator verwertbar zu machen, den Einfluss der Temperatur auf die Schwingungsdauer untersuchte und den Vorschlag machte, die Länge des Sekundenpendels als Längeneinheit zu benutzen, da dachte noch niemand daran, dass an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche die Länge des Sekundenpendels verschieden sein könnte. Erst Richer fand bei seinen Beobachtungen vom Jahre 1672, dass die Länge des Sekundenpendels unter dem Äquator kleiner ist als unter höheren Breiten. Newton erklärte diese Erscheinung durch die Rotation und Abplattung der Erde, doch verging noch längere Zeit, bis seine Ansicht allgemeine Anerkennung gefunden hatte. Von nun an benutzte man das Pendel, um überall auf der Erde Schwerebestimmungen zu machen, es wurde der ständige Begleiter aller grösseren wissenschaftlichen Reisen, und man strebte eifrig dahin, es für diesen Zweck mehr und mehr zu vervollkommnen. Doch zwei volle Jahrhunderte waren notwendig, um einwandsfreie Beobachtungen zu ermöglichen. Bernoulli gab die Reduktion auf unendlich kleine Amplitude, Bouguer die Reduktion auf das Meeresniveau und die Untersuchung des hydrostatischen Auftriebes der umgebenden Luft, Mairan und Boscowich die wertvolle Beobachtungsmethode der Koinzidenzen. Während die ersten Beobachter, unter ihnen Borda und Bessel, durch Realisierung des mathematischen Pendels überall absolute Messungen zu gewinnen suchten, beschränkte man sich später darauf, dies an einigen wenigen Fundamentalpunkten zu thun, und machte im übrigen nur relative Bestimmungen der Schwere mit Hilfe des leicht trans-

portablen physischen Pendels. Zu absoluten Messungen verstand man das physische Pendel noch nicht zu benutzen, da man kein Mittel kannte, den Schwingungspunkt desselben aufzufinden. Insofern brachte das Jahr 1800 einen grossen Fortschritt, es lieferte in dem von de Prony vorgeschlagenen Reversionspendel ein leistungsfähiges Beobachtungsmittel für absolute Messungen. Je mehr die Vervollkommnung der Apparate voranschritt, um so mehr Fehlerquellen der Beobachtung wurden entdeckt. Man lernte von Bessel den hydrodynamischen Einfluss der vom schwingenden Pendel mitgezogenen Luft berücksichtigen, auf den schon in früher Zeit du Buat hingewiesen hatte, ebenso die Wirkung des Rollens der Schneide auf ihrer Unterlage. Eine dieser Fehlerquellen, das Mitschwingen des zur Aufstellung dienenden Pfeilers, blieb unerkannt bis in die letzten Jahrzehnte hinein. Albrecht, Bayer und Defforges waren es hauptsächlich, welche hier zur Aufklärung beitrugen. Noch ganz kürzlich gab dann Helmert die Korrektion wegen der Durchbiegung des Pendels. So wurde der Weg geebnet für die Präzisionsinstrumente der heutigen Zeit, zumal das zu relativen Bestimmungen weit verbreitete von Sternecksche Pendel.

Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den gewonnenen Resultaten. Um vergleichbare Zahlwerte für die Länge des Sekundenpendels zu erhalten, sind ausser den erwähnten instrumentellen Korrektionen noch topographische Korrektionen anzubringen. Bouguer gab nicht allein die Reduktion auf das Meeresniveau, sondern auch die Korrektion, welche wegen der Anziehung der zwischen Beobachtungsstation und Meeresniveau liegenden Massen erforderlich ist. Dieses Rechnungsverfahren hat Helmert noch des Weiteren ausgearbeitet. Auf Grund der so gewonnenen Zahlen lässt sich dann mit der Claireautschen Formel die fundamental wichtige Konstante der Erdabplattung berechnen. Laplace erhielt aus 15 Beobachtungen den Wert $\frac{1}{287}$, Airy aus 49 Beobachtungen $\frac{1}{289}$, Clarke aus 99 Beobachtungen $\frac{1}{292,2}$. Zuletzt fand Helmert aus 122 Beobachtungen den Wert $\frac{1}{299,26}$, welcher mit dem von Bessel durch geodätische Messungen gewonnenen Resultate gut übereinstimmt.

Interessant sind ferner die in der Verteilung der Schwerkraft aufgefundenen Anomalien, insbesondere die einer befriedigenden Erklärung noch harrende Erscheinung, dass die Schwerkraft auf den Kontinenten stets unter den Mittelwert herabsinkt, auf den Inseln der Ozeane dagegen abnorm hohe Beträge erreicht, während die an den Küsten gefundenen Werte in der Mitte liegen. Zum Schluss giebt der Verfasser eine Zusammenstellung von verschiedenen insularen und kontinentalen Schwerebestimmungen.

Wilh. Schlüter.

(Eingegangen 19. November 1900.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Ahrens, F. B., Anleitung zur chemisch-technischen Analyse. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Studierende, Chemiker Hüttenleute, Techniker u. s. w. Mit 87 Abbildungen. VIII u. 446 S. Stuttgart, Ferdinand Enke. 1901. Mk. 9.—.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. 8. Leipzig. Wilhelm Engelmann. 1900.

No. 114. Alessandro Volta, Briefe über thierische Elektrizität (1792). Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. 162 S. Gebd. Mk. 2.50.

No. 115. Horace Bénédicte de Saussure, Versuch über die Hygrometrie. 1. Heft. Beschreibung eines neuen vergleichbaren Hygrometers. Theorie der Hygrometrie (Neuchatel, 1783). Mit einer Tafel und Vignette. Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. 168 S. Gebunden Mk. 2.60.

Ristenpart, Fr., Verzeichnis von 336 Sternkatalogen. II u. 42 S. Breslau, Eduard Trewendt. 1901. Mk. 2.—.

Voigt, W., Elementare Mechanik als Einleitung in das Studium der theoretischen Physik. Zweite umgearbeitete Auflage. Mit 56 Figuren im Text. X u. 578 S. Leipzig. Veit & Comp. 1901. Mk. 14.—.

Personalien.

Der Professor Geh. Regierungsrat für Eisenbahnmaschinenbau Georg Meyer von der Technischen Hochschule zu Berlin hat vom Kultusminister einen Urlaub zur Wiederherstellung seiner Gesundheit für das gesamte Winterhalbjahr 1900/1901 erhalten. Mit seiner Vertretung ist Regierungsbaumeister Buhle betraut worden. Das Vortragskolleg über Eisenbahnbetrieb einschliesslich Signalwesen fällt im Winterhalbjahr aus. Dafür wird das Kolleg des Privatdozenten Betriebsinspektors Conier „Ausgewählte Kapitel aus dem Eisenbahnbetriebsdienst“ derart gestaltet werden, dass es als Ersatz für die ausfallenden Vorträge des Geh. Rats Meyer dienen kann.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 12. 22. Dezember 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Quantitative Untersuchungen über Absorption und Reflexion im Ultraviolett.

Von Br. Glatzel.

In einer früheren Arbeit (Bd. I, Nr. 26, S. 285 dieser Zeitschrift) habe ich eine photometrische Methode angegeben, welche es ermöglichte, absolute Absorptionskoeffizienten im ultravioletten Spektralgebiete zu bestimmen. Von besonderem Interesse schien es, Substanzen zu untersuchen, welche eine sehr starke Absorption zeigen, um festzustellen, ob deren Betrag innerhalb der Grössenordnung der Metallabsorption liegt. Bereits Pauer[1]) hatte bei seinen Untersuchungen über die Absorption im Ultraviolett die Vermutung ausgesprochen, dass Benzol eine den Metallen annähernd gleiche Absorption zeigen würde, da schon die geringsten Spuren Benzoldampfes die charakteristischen Absorptionsmaxima deutlich hervortreten liessen. Ich habe zunächst diese Substanz untersucht und daran Bestimmungen für andere Kohlenwasserstoffe, Anthracen und Reten, angeschlossen. Hierbei ergab sich, wie ich gleich bemerken will, dass Benzol, selbst in den stark ausgeprägten Maximis, keine metallische Absorption besitzt, wohl aber die letztgenannten zwei Kohlenwasserstoffe. Das Beispiel des Benzols zeigt, in wie hohem Grade man sich in der Schätzung der Grössenordnung von Absorptionskoeffizienten nach dem blossen Augenschein irren kann, und wie wichtig es daher ist, absolute Messungen im Ultraviolett durchführen zu können.

Bezüglich der Beschreibung der benutzten Methode verweise ich auf Bd. I, S. 285 dieser Zeitschrift.

Der Absorptionskoeffizient α ist dadurch charakterisiert, dass die Intensität im Verhältnis $1 : e^{\alpha}$, die Amplitude der Schwingungen nach dem Durchgang durch eine Schicht von der Dicke d im Verhältnis $1 : e^{\frac{1}{2}\alpha}$ abnimmt. Der Extinktionsindex K dagegen ist dadurch definiert, dass die Amplitude der Schwingungen nach dem Durchgang durch eine Schicht von der Dicke der Wellenlänge λ im Verhältnis $1 : e^{2\pi\varkappa}$ abnimmt. Zwischen α und K besteht die Beziehung

$$\alpha = \frac{4\pi}{\lambda} \varkappa$$

In allen folgenden Tabellen ist der Absorptionskoeffizient α berechnet auf eine Flüssigkeitsschicht von 1 mm Dicke und auf die Konzentration 1 Molekül in 1 l, der Extinktionskoeffizient K dagegen für die reine Substanz, deren Molekulargewicht mit M bezeichnet ist; dazu wurde aus der Schichtdicke d der Lösung, ihrer Konzentration c und dem spezifischen Gewichte s der Substanz die Dicke δ derjenigen Substanzschicht ermittelt, welche unter Gültigkeit des Beerschen Gesetzes die gleiche Absorption zeigen würde, wie die Lösung in der Schichtdicke d von der Konzentration c. Die Umrechnung gestaltet sich folgendermassen:

In einer Flüssigkeitssäule von 1 cm² Basis und d mm Höhe sind enthalten $\frac{1}{c} M.d$ gr Substanz; würde dieselbe bei ungeändertem Querschnitt von 1 qcm eingedampft werden, und ist s das spez. Gewicht der reinen Substanz, so würde diese eine Dicke $\delta = \frac{M.d}{s.c}$ mm besitzen. Mit Hilfe von δ wird dann K berechnet. Die Absorptionskurven sind aus den in den Tabellen angegebenen Werten der Absorptionskoeffizienten α konstruiert, indem als Abscissen die Wellenlängen in $\mu\mu$ und als Ordinaten die Absorptionskoeffizienten eingetragen wurden.

1) J. Pauer, Wied. Ann. 61, 363, 1897.

Benzol. (C_6H_6, $M = 78$, $s = 0{,}88$)

Das Absorptionsspektrum des Benzols ist qualitativ schon genau von Hartley[1]) und Pauer[2]) untersucht worden. Es zeigt 5 stark ausgeprägte Maxima bei den Wellenlängen $\lambda = 262\,\mu\mu$, $\lambda = 255\,\mu\mu$, $\lambda = 249\,\mu\mu$, $\lambda = 243{,}5\,\mu\mu$, $\lambda = 238{,}5\,\mu\mu$. Für diese Maxima und noch einige andere Stellen des Absorptionsspektrums bestimmte ich die Absorptionskoeffizienten und fand dabei die in folgender Tabelle zusammengestellten Werte.

Benzol.

λ	v	$\frac{s}{s_1}$	α	$\varkappa$
325	0	Beginn der Absorption		
268	10	4,7	2,19	0,00053
262	200	2,5	25,92	0,00596
	150	3,4	25,98	
	100	5,5	24,12	
260	100	2,0	9,806	0,00224
	80	2,3	9,426	
255	200	3,8	37,78	0,00505
	150	7,0	41,295	
253	100	2,3	11,78	0,00271
	80	2,9	12,02	
249	200	2,9—3,0	30,12	0,00704
	150	4,6	32,39	
	100	9,0—9,5	31,47	
247	100	2,1	10,496	0,00226
	80	2,4	9,93	
243,5	200	2,2—2,3	22,31	0,00513
	150	3,1	24,02	
241	100	2,0	9,81	0,00224
	80	2,4	9,93	
238,5	100	2,4	12,41	0,00250
	80	2,8—2,9	11,85	
	50	4,9—5,0	11,31	

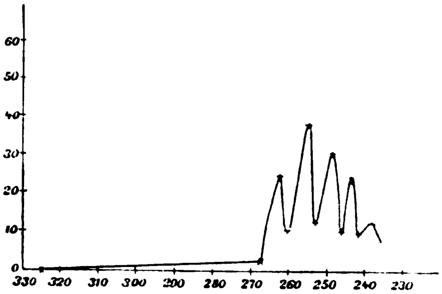


Fig. 1.

Aus der Tabelle folgt, dass für Benzol die Genauigkeit in der Bestimmung der Absorptionskoeffizienten eine geringere ist, als ich sie in meiner früheren Arbeit (4,5%) gefunden habe. Diese Thatsache ist wohl z. T. auf Konzentrationsänderungen zurückzuführen. Die Versuche wurden durchschnittlich bei einer Zimmertemperatur von 20°—25° C. angestellt. Da die Dampfspannung des Benzols bei dieser Temperatur eine recht beträchtliche (75—100 mm) und grösser als die des Alkohols (44—59 mm) ist, so dürften sich wohl die Konzentrationsänderungen durch eine stärkere Verdampfung des Benzols aus dem Alkohol heraus erklären lassen. Wahrscheinlich finden aber auch in der alkoholischen Benzollösung mit der Zeit Veränderungen statt, wie ich sie beim Anthracen (s. u.) beobachtet habe, und bewirken die Änderungen in der Grösse der Absorptionskoeffizienten. Das Resultat, dass die Absorptionskoeffizienten des Benzols, wie die Tabelle zeigt, bei weitem nicht die Grössenordnung der Metallabsorption erreichen, wird durch diese Fehlerquelle nicht beeinflusst.

Anthracen ($C_{14}H_{10}$, $M = 178$, $s = 1{,}024$)

Es wurden 0,0089 gr Anthracen in 200 ccm absolutem Alkohol gelöst, d. h. es war in 4000 l ein Molekül enthalten. Aus dieser Normallösung wurden die übrigen durch entsprechende Verdünnung hergestellt und dann durch photographische Aufnahmen der Absorptionsspektra der einzelnen Lösungen die für die Messung in den verschiedenen Absorptionsgebieten geeigneten Konzentrationen ausgewählt. Die Messungen der Absorptionskoeffizienten für eine Wellenlänge wurden an 2—3 verschiedenen Konzentrationen durchgeführt und dann aus den erhaltenen Werten das Mittel genommen. In den Tabellen der Absorptionskoeffizienten für Anthracen und Reten habe ich jedoch nur für je eine Konzentration das α angegeben, da die durch Umsetzungen in den Lösungen (s. u.) bewirkten Änderungen der Absorptionskoeffizienten den mittleren Fehler bei weitem übersteigen. Das Anthracen zeigt am Anfang des Ultraviolett vier stark ausgeprägte Hauptmaxima bei den Wellenlängen: $\lambda = 382\,\mu\mu$, $\lambda = 359\,\mu\mu$, $\lambda = 337\,\mu\mu$, $\lambda = 323\,\mu\mu$. Dicht neben einem jeden Hauptmaximum liegt ein schwächeres Nebenmaximum und zwar bei den Wellenlängen: $\lambda = 371\,\mu\mu$, $\lambda = 348\,\mu\mu$, $\lambda = 330\,\mu\mu$. Das vierte Nebenmaximum ist zu schwach, als dass man seine Lage genau bestimmen könnte. Das Absorptionsspektrum des Anthracens zeigt also in seinem ersten Teile einen vollkommen gleichen Bau bei jedem Maximum. Von 323 $\mu\mu$ bis zur Wellenlänge 270 $\mu\mu$ ist dann keine merkliche Absorption mehr vorhanden, dieselbe beginnt erst wieder bei 265 $\mu\mu$, steigt hier schnell an bis zu sehr hohen Werten und nimmt von 238 $\mu\mu$ an allmählich wieder ab. Ob auch diesem letzten, stark ausgeprägten Maximum ein schwächeres Nebenmaximum angeschlossen ist, konnte ich nicht sicher fest-

1) Hartley, Journ. Chem. Soc. Lond. 1887, 152—200.
2) Pauer l. c.

stellen, da sich meine Absorptionsuntersuchungen nur bis zur Wellenlänge 238 $\mu\mu$ etwa ausdehnten. Für die einzelnen Maxima und Minima bestimmte ich die Absorptionskoeffizienten. Die zu verschiedenen Zeiten ermittelten Absorptionskoeffizienten zeigten aber untereinander sehr beträchtliche Abweichungen, die sich nicht durch Fehler im Instrument oder bei der Herstellung der Lösungen erklären liessen. Als Ursache ergab sich, dass in der alkoholischen Anthracenlösung im Laufe der Zeit Veränderungen stattfinden, die auch durch das Licht stark beeinflusst werden. Wurden nämlich die Lösungen im dunkeln aufbewahrt, so zeigte sich einige Tage nach der ersten Untersuchung, dass alle Absorptionsmaxima an Grösse beträchtlich zugenommen hatten, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist.

Max.	λ	α am 1. Tag	α am 4. Tag	nach 4 Wochen
I	382	850	2659	
II	359	1250	2000	
III	337	825	über 1200	
IV	323	550	über 1200	
V	248	31000	45000	101400

Das Maximum V scheint zuerst, wie aus einigen Beobachtungen folgt, bis zu einem unteren Grenzwerte abzunehmen, um dann wieder zu steigen. Setzt man dagegen die Normallösung dem Einfluss des Sonnenlichtes aus und bestimmt dann wiederum die Absorptionskoeffizienten, so ergiebt sich, dass das Licht auf die Umsetzungen in der Weise einwirkt, dass sie z. T. im entgegengesetzten Sinne erfolgen. Es nehmen in diesem Falle die Maxima I—IV ab, während V wiederum zunimmt.

Max.	λ	unbelichtet α	belichtet (3 Tage) α
I	382	850	392
II	359	1250	446
III	337	825	392
IV	323	550	266
V	248	31000	67560

Nach dem Gesagten können daher auch die in folgender Tabelle für verschiedene Wellenlängen angegebenen Absorptionskoeffizienten und die nach ihnen konstruierte Absorptionskurve des Anthracens nur ein ungefähres Bild von der Grösse der Absorption geben. Aus demselben Grunde ist auch der Absorptionskoeffizient stets nur für eine einzige Konzentration angegeben.

Anthracen.

λ	v	$\frac{s}{s_1}$	α	$\varkappa$
382	4000	4,2	812	0,139
371	4000	2	392	0,065
359	4000	5	911	0,147
348	4000	3,6	725	0,113
337	4000	4	784	0,119
330	4000	2,4	496	0,073
323	4000	1,5	220	0,033
265	4000	3	622	0,074
262,5	4000	5	911	0,107
255	40000	3	6216	0,711
253,5	400000	2,5	51840	5,89
252	400000	4	78440	8,86
248	400000	4	78440	8,72
243	400000	4	78440	8,54
238	40000	8	11768	1,26

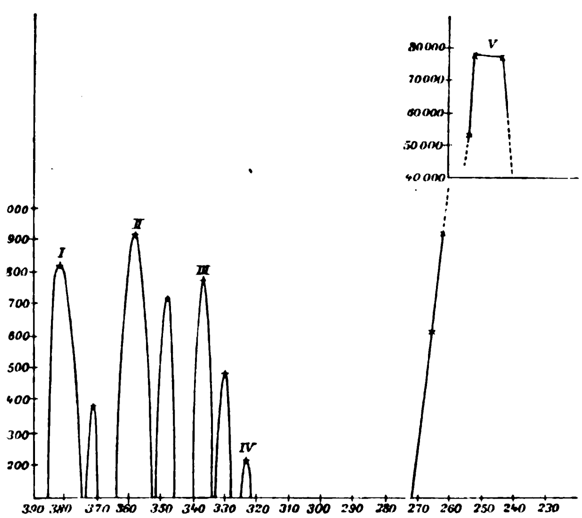


Fig. 2.

Reten ($C_{18}\,H_{18}$, $M = 234$, $s = 1{,}11$)

Es wurden 0,0585 gr Reten in 100 ccm absolutem Alkohol gelöst, d. h. es war in 400 *l* Alkohol ein Molekül Reten enthalten. Aus dieser Lösung wurden wiederum die übrigen Verdünnungen hergestellt. Das ultraviolette Absorptionsspektrum der alkoholischen Retenlösung zeigt zwei Absorptionsbanden. Die erste beginnt bei $\lambda = 307\,\mu\mu$, erreicht ihr Maximum bei 302 $\mu\mu$ und endet bei 294 $\mu\mu$, wo dann die zweite Bande einsetzt. Bei der Wellenlänge 258 $\mu\mu$ etwa liegt das zweite Absorptionsmaximum, von wo aus die Absorption wieder abnimmt. Auch bei der alkoholischen Retenlösung konnte ich eine Änderung der Absorp-

tion mit der Zeit beobachten und ebenso einen Einfluss des Lichtes, wenngleich letzterer bei weitem nicht so gross war als bei dem Anthracen. Daher gilt auch von der folgenden Tabelle der Absorptionskoeffizienten und der Absorptionskurve dasselbe wie bei dem Anthracen.

Reten.

λ	v	$\frac{s}{s_1}$	α	$\varkappa$
315	400	3	62,16	0,0074
307	steiler Anstieg der Absorption			
302	20000	3,5	3544	0,404
294	20000	2,2	2231	0,248
287	20000	3	3108	0,337
278	20000	3,5	3544	0,372
275	20000	3,7	3702	0,384
271,5	20000	5,8	4974	0,509
263	200000	2,5	25920	2,57
260	200000	3	31080	3,05
258	200000	4	39220	3,82
253,8	200000	4	39220	3,76
251	200000	4	39220	3,72

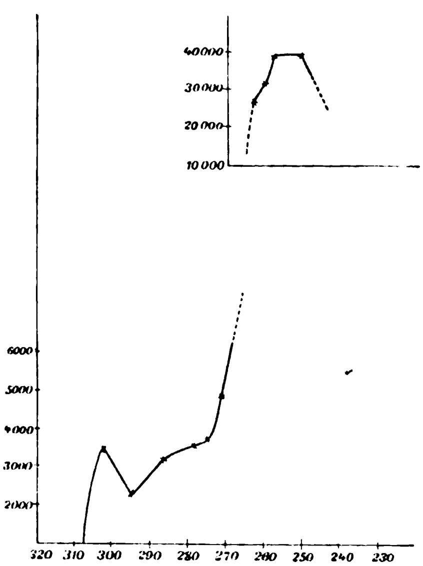


Fig. 3.

Vergleich der Absorption von Benzol, Anthracen und Reten mit der der Metalle.

Wie sich aus den vorstehenden Tabellen ergiebt, zeigen Anthracen und Reten in den Absorptionsmaximis sehr grosse Extinktionskoeffizienten $\varkappa$. Um einen Vergleich mit dem Absorptionsvermögen der Metalle zu ermöglichen, habe ich die Extinktionskoeffizienten $\varkappa$ einzelner Metalle[1]) für gelbes Licht mit denen von Benzol, Anthracen und Reten im Ultraviolett zusammengestellt.

	λ	$\varkappa$		$\varkappa$
Benzol . .	262 255 243,5	0,0059 0,0091 0,0051	Stahl	1,38
Anthracen .	359 255 252	0,147 0,711 **8,86**	Kupfer	4,08
Reten . .	271,5 263 258	0,51 2,57 **3,82**	Silber	20,4

Aus dieser Tabelle folgt, wie bereits erwähnt, dass die Absorption des Benzols weit unter der Grössenordnung der Metallabsorption liegt, während die Absorption von Anthracen und Reten die aller Metalle mit Ausnahme des Silbers erreicht, ja z. T. auch übertrifft.

Das Reflexionsvermögen einiger Metalle, des Anthracens und Retens im Ultraviolett.

Mit Rücksicht auf das obige Ergebnis lag es nahe, auch das Reflexionsvermögen des Anthracens und Retens mit dem der Metalle zu vergleichen. Da über das Reflexionsvermögen der Metalle im Ultraviolett meines Wissens noch keine Messungen vorliegen, so untersuchte ich zunächst das Verhalten einiger Metalle, Silber, Stahl, Nickel, Kupfer und der Brandes-Schünemannschen Legierung[2]) im reflektierten ultravioletten Lichte. Sehr schöne Planspiegel der Metalle waren mir zu diesem Zwecke in liebenswürdigster Weise von der Firma C. A. F. Kahlbaum, Berlin, angefertigt worden. Da es mir lediglich auf relative Messungen ankam, so verglich ich das Reflexionsvermögen aller Metalle mit dem der Brandes-Schünemannschen Legierung, welche gegen äussere Einflüsse sehr beständig und daher auch am meisten frei von der Bildung von Oberflächenschichten ist. Von den beiden miteinander zu vergleichenden Spiegeln wurde je einer vor eine Hälfte des Doppelspaltes gebracht, so dass sie sich in einer Geraden, welche mit der Trennungslinie des Doppelspaltes im Spektrum zusammenfiel, berührten. Ihre Ebene war gegen die Ebene des Spaltes unter einem Winkel von 45° geneigt. Das parallele Strahlenbündel der Bogenlampe, welches senkrecht zur Kollimatorachse verlief, wurde daher von den Spiegeln in das Kollimatorfernrohr parallel der Achse reflektiert.

1) Drude, Wied. Ann. **36**, 885.
2) Legierung von Brandes-Schünemann: 41% *Cu* + 26% *Ni* + 24% *Sn* + 8% *Fe* + 1% *Sb*.

Zunächst konnte ich wiederum feststellen, wie bedeutend der Einfluss von Oberflächenschichten[1]) auf das Reflexionsvermögen ist, indem sich z. B. bei dem Silber dasselbe fast um das Doppelte änderte. Die zu untersuchenden Spiegel wurden vor jedem Versuch mit reinem, weissen Handschuhleder sauber gereinigt und hierauf schnell die Bestimmung ausgeführt. Nach Verlauf von etwa einer Stunde wiederholte ich den Versuch, dabei zeigte sich, dass das Reflexionsvermögen gewachsen war. Für Silber z. B. nahm es in dem unten erwähnten Reflexionsminimum bei $\lambda = 322\ \mu\mu$ etwa um das doppelte zu $\left(\frac{1}{55} : \frac{1}{25}\right)$. Das Minimum, welches anfangs scharf ausgeprägt war, verschwand mehr und mehr. Nun hat Drude, im Gegensatz zu diesen Beobachtungen, sowohl theoretisch wie auch experimentell für das sichtbare Spektralgebiet festgestellt, dass Oberflächenschichten das Reflexionsvermögen verkleinern. Es müssen sich also bei meinen Beobachtungen noch andere Einflüsse geltend gemacht haben, welche das Reflexionsvermögen der untersuchten Metalle im entgegengesetzten Sinne änderten. Welcher Art diese Einflüsse waren, das zu untersuchen behalte ich mir für später vor. Im einzelnen waren die Resultate folgende:

Silber: Silber besitzt ein ausgeprägtes Minimum des Reflexionsvermögens für die Wellenlänge $\lambda = 322\ \mu\mu$. Am Beginn des Ultravioletts ist das Reflexionsvermögen des Silbers etwas stärker als das der Brandes-Schünemannschen Metalllegierung, während es bei $\lambda = 322\ \mu\mu$ $\frac{1}{25}$ und im übrigen Ultraviolett nur $\frac{1}{16}$ desselben beträgt.

Stahl: Von Beginn des Ultraviolett bis etwa zur Wellenlänge $\lambda = 320\ \mu\mu$ reflektiert Stahl stärker als die Brandes-Schünemannsche Legierung, bis $\lambda = 255\ \mu\mu$ etwa ebenso stark und von dort an etwas schwächer. Für photographische Zwecke, z. B. bei Spiegelteleskopen, dürften sich daher theoretisch Stahlspiegel ebenso gut eignen wie solche aus Brandes-Schünemannscher Legierung. Letztere besitzt dagegen den Vorzug grösserer Politurfähigkeit und Beständigkeit gegen äussere, insbesondere Witterungs-Einflüsse, und ist daher wohl für die praktische Verwendung geeigneter.

Nickel: Für Nickel gilt etwa dasselbe wie für Stahl, nur ist bei diesem Metall das Reflexionsvermögen an keiner Stelle grösser als das der Brandes-Schünemannschen Legierung, die ja auch zu 26 Prozent aus Nickel besteht.

Kupfer: Das Reflexionsvermögen des Kupfers ist im gesamten Ultraviolett kleiner als das der Brandes-Schünemannschen Legierung und beträgt etwa $\frac{1}{16}$ desselben.

Für die Brandes-Schünemannsche Legierung haben Hagen und Rubens[1]) gefunden, dass ihr Reflexionsvermögen für die sichtbaren Strahlen im Verhältnis zu dem anderer Metalle, z. B. des *Ag*, recht klein ist (50% : 92% *Ag*). Dieses Verhältnis ändert sich aber, wie aus den obigen Angaben und auch schon aus Messungen von Rubens folgt, mit abnehmender Wellenlänge beträchtlich zu Gunsten der Brandes-Schünemannschen Legierung, so dass diese im Ultraviolett weit stärker reflektiert als andere Metalle.

Um mir ein Bild von der Grössenordnung des Reflexionsvermögens der Metalle im Ultraviolett zu verschaffen, habe ich dasjenige der Brandes-Schünemannschen Legierung in ganz angenäherter Weise absolut bestimmt. Die Versuchsanordnung dazu war folgende: Die Bogenlampe wurde wiederum so aufgestellt, dass das von ihr ausgehende Strahlenbündel parallel der Achse des Kollimatorfernrohres den Spalt durchsetzte. Die obere Spalthälfte wurde von dem direkt auffallenden Licht beleuchtet; die untere von Licht, welches zweimal an Spiegeln von der Brandes-Schünemannschen Legierung reflektiert war. Der eine Spiegel (*A*) war, wie nachstehende Figur im Durchschnitt zeigt, unter 45^0

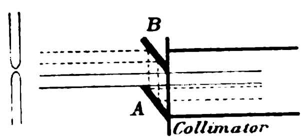


Fig. 4.

gegen die Spaltebene geneigt und zwar so, dass der Spalt in der Einfallsebene des Spiegels lag und die Trennungslinie des Doppelspaltes mit der oberen Kante des Spiegels zusammenfiel. Der zweite Spiegel (*B*) war oberhalb der oberen Spalthälfte ebenfalls unter 45^0 angebracht. Die Messungen ergaben, dass in dem Bereich von $390\ \mu\mu$—$350\ \mu\mu$ das Reflexionsvermögen etwa $\frac{1}{17}$ (5,9 Prozent), von $290\ \mu\mu$—$270\ \mu\mu$ etwa $\frac{1}{25}$ (4 Prozent) beträgt, von $350\ \mu\mu$—$290\ \mu\mu$ nimmt es linear ab. Genaue Bestimmungen sind jedoch nach dieser Methode der zweimaligen Reflexion nicht auszuführen, da die reflektierten Lichtmengen zu klein sind und man daher zu grosse Spaltbreiten (0,02 mm : 1,4 cm) benutzen muss. Für diese gilt das Gesetz der direkten Proportionalität zwischen Spaltbreite und durchgelassener Lichtstärke nicht mehr, wie E. V. Capps[2])

1) Drude, Wied. Ann. **66**, 885.

1) E. Hagen und H. Rubens, Ann. d. Phys. **1**, 373—374, 1900.

2) E. V. Capps, Phys. Ztschrft. **1**, 558.

nachgewiesen hat. Die für das Reflexionsvermögen gefundenen Werte dürften daher auch zu klein sein. Aus den Messungen folgt aber gleichwohl, dass das Reflexionsvermögen der Metalle nach den kurzen Wellenlängen zu bedeutend abnimmt, wie dies Hagen und Rubens[1]) schon für den Bereich des sichtbaren Spektrums gefunden haben. Eine Ausnahme bildet das Silber, welches für $\lambda = 322\,\mu\mu$ ein Minimum des Reflexionsvermögens besitzt.

Des weiteren verglich ich auch das Reflexionsvermögen von Anthracen- und Retenspiegeln, die ich mir aus geschmolzenem Anthracen und Reten herstellte, mit dem der Brandes-Schünemannschen Legierung und fand dabei, dass das Reflexionsvermögen von Anthracen und Reten bei weitem nicht das der Metalle erreicht, ja sogar so klein ist, dass ich keine Messungen ausführen konnte. Diesen Widerspruch mit den Resultaten der Absorptionsmessungen kann ich mir nur so erklären, dass Anthracen und Reten im festen Zustande ein kleineres Absorptionsvermögen besitzen, als im gelösten. Nach den mechanischen Theorien der Absorption würde diese Verschiedenheit auch zu erwarten sein, da die Moleküle im gelösten Zustande beweglicher, schwingungsfähiger sind und daher auch mehr Schwingungsenergie des Lichtes verbrauchen, d. h. mehr Licht absorbieren. Auf Grund dieser Anschauung von dem Wesen der Absorption hat ja schon früher E. Wiedemann[2]) die interessante Thatsache festgestellt, dass sich Fluorescenz in Phosphorescenz verwandeln lässt, wenn die Schwingungsfähigkeit der Moleküle beschränkt, ihre Dämpfung vergrössert wird.

Resultate.

1. Die Absorption des ultravioletten Lichtes in einer alkoholischen Benzollösung ist weit kleiner als die Absorption in den Metallen.
2. Die alkoholischen Lösungen von Anthracen und Reten besitzen ein sehr starkes Absorptionsvermögen, welches das aller Metalle mit Ausnahme desjenigen des Silbers erreicht, ja z. T. noch übertrifft.
3. Das Reflexionsvermögen der Metalle nimmt wie im sichtbaren Spektrum, so auch im Ultraviolett mit abnehmender Wellenlänge ab; eine Ausnahme macht das Silber, welches für $\lambda = 322\,\mu\mu$ ein Minimum des Reflexionsvermögens besitzt.
4. Das Reflexionsvermögen von Anthracen und Reten erreicht nicht annähernd dasjenige der Metalle im Ultraviolett, eine Thatsache, die vermuten lässt, dass das Absorptionsvermögen dieser beiden Kohlenwasserstoffe im festen Zustande viel kleiner ist als im gelösten. Dieser Unterschied steht mit den mechanischen Theorien der Absorption im Einklang.

Erlangen, Physikalisches Institut.

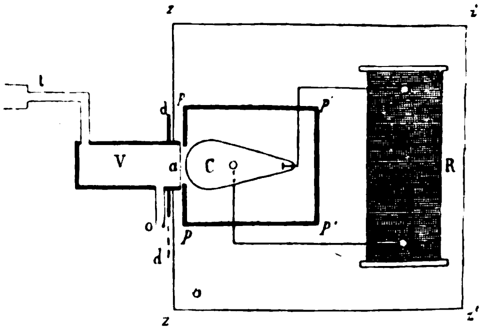
(Eingegangen 27. November 1900.)

1) E. Hagen und H. Rubens, l. c.
2) E. Wiedemann, Wied. Ann. **34**, 446.

Wie die mit X-Strahlen durchsetzte Luft ihre entladende Kraft verliert und wie sie Ladungen mit hohen Potentialen entwickelt.

Von Emilio Villari.[1])

1. Der Apparat, welchen ich im Verlaufe meiner Versuche benutzte, ist auf beigefügter Figur schematisch dargestellt. Eine Crookessche Röhre G ist in einem Bleikästchen mit dicken Wänden $ppp'p'$ eingeschlossen; in der der Antikathode gegenüberliegenden Wand befindet sich ein Loch von 8 cm, durch welches die Röhre nach aussen strahlt. Das Kästchen und der Induktor R, der 35 cm Funkenlänge



hat, sind von einem grossen Zinkkasten $zzz'z'$ umschlossen, welcher mittels angelöteter Kupferdrähte mit der Gasleitung in Verbindung steht.

Ein cylindrisches Gefäss V (30×11 cm) aus einer dicken Bleiplatte, steckt mit seinem Boden, der aus einem dünnen Aluminiumplättchen besteht, in einem Loch des Kastens zz' und kommt dadurch in die Nähe von C. An dieses Gefäss ist eine dicke, ausgedehnte Bleiplatte dd angelötet, welche durch ihre Verbindung mit zz die störenden Strahlungen hindert, aus dem Kasten heraus zu kommen. Ferner sind an das Gefäss zwei Messingröhren von 1,5 cm Durchmesser angelötet, eine gerade gestreckte o und eine knieförmige t[2]). An den Erdboden ist das Gefäss durch angelötete Kupferdrähte angeschlossen.

Bei den Versuchen wird die Luft mittels

1) Rendiconti Lincei fasc. IX, 1. u. 2. semestre. Roma 1900.
2) Die Röhre t war knieförmig, um die aus C kommenden Strahlen nicht nach aussen kommen zu lassen.

eines grossen Blasebalges mit einem konstanten Druck von 10 bis 20 cm Wasser durch die Röhre *o* getrieben; von *C* aus wird sie im Gefässe *V* mit X-Strahlen durchsetzt, entweicht dann durch die Röhre *t* und durch andere mit dieser verbundene Röhren, trifft schliesslich auf die kleine Kugel eines meiner Elektroskope, das vollständig vor störenden Einflüssen gesichert ist, und bewirkt seine Entladung. Das betreffende Elektroskop war auf Paraffin sorgfältig isoliert und hatte nur ein Goldblättchen, dessen Ablenkungen durch ein Fernrohr mit starker Vergrösserung an einer auf dem Glas eingeteilten Skala beobachtet werden konnten. Die Resultate der verschiedenen Versuche sind folgende:

2. Wird die von X-Strahlen durchsetzte Luft durch eine knäuelförmig aufgewickelte Röhre getrieben, so verliert sie viel mehr von ihrer entladenden Kraft, als wenn sie durch eine gleichlange, aber gerade gestreckte Röhre geht. Z. B. treibt man die von X-Strahlen durchsetzte Luft durch eine biegsame Kupferröhre (320×1 cm) gegen ein geladenes Elektroskop (*E*), so verliert die

	Gerade gestreckte Röhre.	In 12 Windungen aufgewickelte Röhre.
+ *E*:	2^0 in 105″	300″
— *E*:	„ „ 69″	347″

Versuche mit Gummi-, Glas- und Bleiröhren ergeben ähnliche Erfolge; die Natur der Röhren hat augenscheinlich keinen Einfluss auf das Wesen des Phänomens.

3. Die von X-Strahlen durchsetzte Luft verliert einen grossen Teil ihrer entladenden Kraft, wenn sie über Pinsel oder besser über Bündel von zahlreichen, langen und feinen Metallfäden streicht. So entladet die von X-Strahlen durchsetzte Luft, nachdem sie durch eine ein Bündel Messingfäden enthaltende Röhre gegangen ist das Elektroskop (+) oder (—) um 10^0 in 58″; nachdem sie die Röhre ohne Bündel passiert hat, um 10^0 in etwa 24″.

4. Eine biegsame Kupferröhre (von über 300×1 cm), die in 10 oder mehr Windungen aufgewickelt und mit Hilfe von Paraffinstopfen und einer Glasröhre von 20 oder 30 cm gut isoliert ist, ladet sich bis zu einem Potential (+) von ungefähr 20 V., wenn sie von einem Strome durch X-Strahlen aktiv gemachter Luft passiert wird. Die Ladungen entwickeln sich regelmässig und langsam und erreichen hohe Beträge, wenn die Isolierung der Röhre eine vollständige ist. Man muss dabei die Kupferröhre noch durch eine lange Glasröhre isolieren, sonst entladet sie sich zum Teil durch Konvektion der mit X-Strahlen durchsetzten Luft nach den übrigen Teilen des Apparates.

5. Werden Filter benutzt, die aus einer Messingröhre (10×2,5 cm) hergestellt sind, welche mit 30 bis 60 äusserst feinen Siebplatten aus Messing, Kupfer oder Aluminium geschlossen und mit Paraffin auf Glasröhren isoliert sind, so nehmen diese Filter positive Ladungen auf, wenn sie ein Strom von aktiv gemachter Luft passiert. Folgendes diene hierfür als Beispiel:

Ein Filter mit
60 Siebplatt. a. Alumin. ladet sich + mit etwa 20 V.
34 „ „ Messing „ „ „ „ „ 18 „
24 „ „ Kupfer „ „ „ „ „ 17 „

Es scheint, dass die Ladungen mit der Zahl der Siebscheiben und der Kleinheit der Siebnetzmaschen stärker werden[1]).

6. Quadrate aus nicht sehr dichtem Messingnetzwerk von 20 cm und mehr Seitenlänge, die cylinderförmig zusammengerollt und in geeignete Glas- oder Metallröhren eingeführt werden, nehmen positive Ladungen von 15 bis 20 V. beim Passieren eines Stromes von Luft an, welche von X-Strahlen durchsetzt war.

7. Nimmt man Metallblättchen von gleicher Form, wie die Netzplatten, rollt dieselben in gleicher Weise cylindrisch zusammen und führt sie in Glas- oder Metallröhren ein, so laden sie sich immer negativ mit Potentialen von etwa 10 V., wenn sie von der von X-Strahlen durchsetzten Luft bestrichen werden. Ich benutzte bei meinen Versuchen Blättchen aus Kupfer, Eisen, Zink, Messing, Blech, Platin, Aluminium und Stanniol. Auf die Art und die Grösse der Ladungen scheint die Art der Blätter keinen Einfluss zu haben; auch der Einfluss, den der Zustand ihrer — rauhen oder geglätteten — Oberflächen hat, ist nicht sicher zu beobachten. Die Höhe der Ladung wechselt merklich, je nach der Ausdehnung der Blättchen und der Art ihrer Zusammenrollung in mehr oder weniger enge Windungen.

8. Werden Streifen der oben beschriebenen Blättchen (51×2,7 cm) in Glas- oder Metallröhren eingeführt und von durchstrahlter Luft passiert, so nehmen sie negative Ladungen von 3 bis 5 V. an.

9. Ebenso behandelte Streifen aus metallischem Netzwerk nehmen gleichfalls negative, aber merklich höhere Ladungen als die vorhergehenden auf. Hier muss man beachten, dass während die **Netzwerkstreifen** negative Ladungen annehmen, sich die **Rollen** aus demselben Stoff, wie schon erwähnt, zu ansehnlichen positiven Potentialen laden. Den Grund dieser Erscheinung werden wir baldigst erklären.

10. Geschlossene Messingröhren und Metallfäden in Glas- oder Metallröhren laden sich beim Durchstreichen der von X-Strahlen durchsetzten Luft negativ.

1) Man muss hierzu bemerken, dass die Ladungen bei diesen und analogen Versuchen nicht immer dieselben sind. Um hohe Ladungen zu erhalten, ist vor allem eine vollkommene Isolierung der Versuchsröhren mit Paraffin und mit Glasröhren erforderlich.

Aus Vorstehendem ergiebt sich, dass die Metalle, unabhängig davon, welcher Art sie sind, positive Ladungen aufnehmen, wenn die durchstrahlte Luft mit einer gewissen Energie sich daran reibt oder darüber streift (wie über die Rollen und Netzfilter); dass sie hingegen negativ geladen werden durch ein leichtes Darüberhinstreichen der durchstrahlten Luft (wie dies bei den zusammengerollten Blättchen oder den Blättchen oder Netzstreifen geschieht). Folgende Thatsachen bestätigen diese Schlussfolgerung:

11. Nimmt man zwei oder mehr Meter lange Kupfer- oder Bleiröhren und wickelt dieselben noch in mehreren Windungen auf, so laden sie sich bei Durchströmung mit X-Luft positiv und können hohe Potentiale (etwa 300 und mehr) erreichen; kurze und gerade Röhren werden durch X-Luft negativ geladen.

12. Presst man grobe Kupferspäne in eine Glas- oder Metallröhre, durch welche bestrahlte Luft hindurchstreicht, so werden sie positiv bis zu 10 oder 12 V. geladen; bringt man sie jedoch in kleiner Menge lose in die Röhre, so werden sie von der durchstreifenden durchstrahlten Luft negativ geladen.

13. Rollen oder Cylinder von verschiedener Länge aus rechteckigem Netzwerk von etwa 30 cm Breite in Glas- oder Metallröhren laden sich bei Berührung mit durchstrahlter Luft positiv, wenn sie lang, negativ, wenn sie kurz sind. Bei meinen Versuchen stiegen die positiven Ladungen von einer Rollenlänge von 15 cm an, die negativen nahmen zu, wenn die Länge der Rollen von 12 bis auf 2 cm abnahm.

14. Ein Netzstreifen von 2 cm Breite und 20 bis 60 cm Länge wird zu einem 2 cm hohen Cylinder zusammengerollt und in eine Glas- oder Metallröhre gesteckt. Bläst man die X-Luft durch, so ladet sich der Cylinder positiv, wenn er aus einem langen Streifen gemacht ist, so dass er dicht und gepresst in der Röhre steckt, und negativ, wenn er aus einem kurzen Streifen zusammengerollt ist.

15. Vorstehend beschriebene Erscheinungen können nicht auf eine chemische Wirkung der X-Luft auf die Metalle zurückgeführt werden, sondern scheinen auf einer besonderen Art von Reibung zwischen den Metallen oder der Luft zu beruhen, durch welche sich die Metalle mit einer der beiden Elektrizitäten laden; die andere Ladung müsste man dann in der Luft antreffen. Ich habe die X-durchsetzte Luft mit einem Quadrantenelektrometer wieder und immer wieder untersucht, nachdem sie über metallische Rollen aus Netzwerk oder Plättchen, die mit dem Boden verbunden sind, gestrichen war: die Entladung des Elektrometers durch die durchstrahlte Luft geht so schnell vor sich, dass man aus dieser Schnelligkeit den Schluss ziehen muss, die von X-Strahlen durchsetzte Luft habe noch nicht ihre ganze entladende Kraft verloren; und statt einer der durchstrichenen Metallrollen entgegengesetzten Ladung besitze sie oder führe sie von den Rollen zum Elektrometer eine leichte Ladung mit sich, eben weil sie nicht völlig zu gewöhnlicher Luft geworden war und folglich immer ein wenig Leiter geblieben ist.

16. Um eine annehmbare Erklärung dieser Thatsache zu geben, möchte ich daran erinnern, dass ich gezeigt habe[1]), wie die von X-Strahlen durchsetzte Luft, wenn sie über einen elektrisierten Körper streicht, zu gewöhnlicher Luft wird auf Kosten der Elektrizität, welche verschwindet. Man könnte daher (mit gebührendem Vorbehalt) vermuten, dass die X-durchstrahlte Luft, indem sie über metallische Oberflächen streicht, beide Elektrizitätsarten entwickelt, deren eine an den Oberflächen selbst zu Tage tritt, während die andere verschwindet, weil sie bei Verwandlung der X-Luft in gewöhnliche Luft verbraucht wird; deshalb befindet sich diese in nahezu neutralem Zustande. In dieser Weise könnte man sich auch die Thatsache erklären, dass die X-Luft beim Reiben über mehr oder weniger ausgedehnte Flächen sich völlig oder teilweise in gewöhnliche Luft verwandelt. Ich wiederhole aber, dass diese Erklärung vorläufig eine reine Hypothese ist; die oben angedeuteten Erscheinungen verdienen noch genau untersucht zu werden, und ich hoffe, bald fernere Erklärungen geben zu können.

1) Diese Zeitschrift **I**, 450, 1900.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 17. November 1900.)

Über die Spektra von Radium und Polonium.

Von G. Berndt.

(Mitteilung aus dem Physikalischen Institute der Universität Halle.)

Untersuchungen über das Radiumspektrum liegen bis jetzt vor von den Herren Demarçay und Runge[2]). Herr Demarçay hat bei Verwendung von radioaktivem Chlorbaryum von der Aktivität 70000 in dem Gebiet bis $\lambda = 3500$ (Ångstroem'sche Einheiten) 16 neue Linien gefunden, von denen er jedoch drei nicht mit Sicherheit dem Radium zuschreiben will. Herr Runge hat durch seine Messungen,

1) Comptes Rendus, 1898, **127**, 1218; 1899, **129**, 716 August 1900.
2) Ann. d. Phys. **2**, 742, 1900.

welche sich bis $\lambda = 2400$ erstrecken, nur drei der stärksten Linien bestätigt, $\lambda = 4826{,}14$, $\lambda = 4682{,}346$ und $\lambda = 3814{,}591$. Es war wahrscheinlich, dass dieses negative Resultat von der Verwendung eines Salzes von zu geringer Aktivität herrührte. Auf Anraten von Herrn Professor Dr. Dorn nahm ich deshalb eine neue Untersuchung des Radiumspektrums im Ultraviolett vor, wozu der grosse Quarzspektrograph des Instituts (nach Dr. Schumann) ein vorzügliches Hilfsmittel bot.

Ich verwendete zunächst aktives Chlorbaryum von der Aktivität 240 von der Société centrale des produits chimiques, Paris, und aktives Brombaryum von De Haën, Hannover. Nach der Angabe von Herrn Runge wurde das Salz in eine galvanisch zum Glühen gebrachte Platinspirale eingeschmolzen, wobei man mit ausserordentlich geringen Mengen auskommt. Zur Herstellung einer Spirale habe ich durchschnittlich etwa 0.03 g gebraucht. Als Kathode diente ein Platindraht. Der Funken wurde durch zwei Leydener Flaschen erzeugt, die durch einen grossen Induktionsapparat geladen wurden. Auch während der Aufnahme wurde die Spirale durch einen Strom von vier isoliert aufgestellten Akkumulatoren geglüht. Sowie dann der Funken überspringt, füllt sich der Raum zwischen den Elektroden mit den Salzdämpfen, und durch Regulieren des Akkumulatorenstroms hat man es stets in der Gewalt, die gewünschte Dampfmenge zu erhalten. Wenn man die Expositionsdauer nicht übertreibt, erhält man so im Spektrum ausser den Linien des betreffenden Salzes die stärksten Platinlinien nur angedeutet und nur äusserst wenige Luftlinien.

In den Spektren des aktiven Chlor- und Brombaryums erhielt ich von Radiumlinien nur $\lambda = 3814{,}591$ mit der Intensität 2, wobei die Intensitäten von 6 bis 1 gerechnet sind, derart, dass 6 die stärkste Intensität bezeichnet. Als ich jedoch aktives Chlorbaryum von der Aktivität 1000 von der Société centrale des produits chimiques verwendete, erhielt ich $\lambda = 4682{,}346$, Int. 1; $\lambda = 3814{,}591$, Int. 4, und eine neue Linie $\lambda = 2708{,}6$, Int. 1. Bis $\lambda = 2100$ hin habe ich keine weiteren Radiumlinien gefunden.

Über das Poloniumspektrum liegen Messungen bis jetzt nicht vor. Herr Demarçay [1]) hat bei seinen Untersuchungen keine neuen Linien gefunden, Herr Crookes [2]) giebt nur an, dass Polonium starke Linien im Ultraviolett zeige.

Zu den photographischen Aufnahmen verwendete ich aktives Wismutsubnitrat von der Aktivität 300. Das erhaltene Spektrum wurde direkt mit dem Spektrum von gewöhnlichem Wismutsubnitrat, Wismut, Antimon, Blei, Kupfer, Platin, Eisen, Kadmium und Kalciumchlorid, die Messungen auch noch mit denen der meisten bekannten Spektra verglichen, und ich glaube, die folgenden 15 Linien als dem Polonium angehörig bezeichnen zu dürfen:

Int.	λ	Int.	λ	Int.	λ
1	4596,3	4	3342,0	3	3162,9
2	4007,7	6	3361,5	1	3152,2
4	3821,9	6	3349,2	1	2977,0
3	3467,1	4	3191,2	3	2661,9
2	3462,0	4	3168,2	4	2327,3

Der Maximalfehler der Wellenlänge dürfte im sichtbaren Teile des Spektrums etwa 1,5, im Ultraviolett etwa 0,4 Ångström'sche Einheiten betragen.

Bis $\lambda = 2100$ hin habe ich keine weiteren Linien gefunden.

Bei den photographischen Aufnahmen wurde ich von meinem Freunde, Herrn cand. math. Henning unterstützt; ich möchte ihm, sowie vor allem Herrn Professor Dr. Dorn für seine freundliche Unterstützung auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen.

(Eingegangen 7. Dezember 1900.)

1) Curie, Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la Pechblende. Comptes Rendus, 1898, **27**, 175.

2) Proceedings of the Royal Society of London, 1900, 409.

Über mögliche Ätherbewegungen.

(Erwiderung an Herrn W. Wien.)

Von G. Mie.

Im vorletzten Hefte dieser Zeitschrift (siehe II, S. 148) bespricht Herr Wien meine Arbeit über mögliche Ätherbewegungen vom Jahre 1899. So sehr ich mich freue, dass damit eine Diskussion über diesen nicht unwichtigen Gegenstand eingeleitet ist, so sehr bedaure ich, dass Herrn Wiens Aufsatz geeignet ist, irrige Vorstellungen hervorzurufen, die ich hier zurückweisen möchte.

Zunächst muss ich gestehen, dass mir Herrn Wiens Meinung aus seinen Ausführungen nicht immer klar geworden ist. Beispielsweise heisst es im Anfang seines Aufsatzes, dass sich meine Behauptung, die Helmholtzsche Annahme eines trägheitslosen Äthers sei unmöglich, „nicht daraus beweisen lässt, dass der Poyntingsche Vektor Wirbelstellen besitzt". An einer späteren Stelle dagegen, nachdem zu meiner Schlussweise nichts Wesentliches hinzugefügt ist, ausser etwa einem Beispiel dafür, dass Wirbel des Poyntingschen Vektors vorhanden sein können, die zeitweise verschwinden und zeitweise wieder von Null verschieden sind, wird gesagt, dass „die Schlussweise des Herrn Mie zwar nicht als genau anerkannt, aber doch in ihrem Ergebnis bestätigt werden könne".

Ich weiss danach nicht recht, ob mein Beweis falsch sein soll, oder ob Herr Wien nur sagen will, ich hätte in meiner Abhandlung an Beispielen zeigen müssen, dass der Poyntingsche Vektor Wirbel besitzen kann, und zwar natürlich auch mit der Zeit veränderliche Wirbel. Falls das zweite gemeint ist, so kann ich erwidern, dass ich es nur der Kürze wegen unterlassen habe, Beispiele zu bringen, die mir auf der Hand zu liegen schienen. Man braucht sich ja beispielsweise nur eine Lichtstrahlung zu denken, welche an einem schattenwerfenden Körper vorbeigeht. Im Schatten ist der Energiestrom Null, im Lichte dagegen nicht, also muss die Schattengrenze aus Wirbelstellen des Poyntingschen Vektors bestehen. Will man, wie Herr Wien es zu wünschen scheint, das Beispiel noch etwas genauer ausführen, so stelle man sich zunächst den Zeitraum vor, der von der Entzündung des Lichtes bis zu dem Augenblick verstreicht, wo der schattenwerfende Körper erreicht ist. In diesem ganzen Zeitraum hat der Energiestrom keine Wirbel. Erst in dem Augenblick, wo das Licht am Körper ankommt, bildet sich die Schattengrenze, d. h. die Wirbelschicht. Damit ist die Existenz zeitlich veränderlicher Wirbel gezeigt. Dergleichen triviale Beispiele liessen sich noch in Menge bilden, fast jedes Beispiel der Elektrodynamik überhaupt liesse sich benutzen.

Allerdings darf ich nicht verschweigen, dass schon hier ein wesentlicher Unterschied zwischen Herrn Wiens Ansicht und der meinigen hineinspielt über die Bedeutung meiner Integrale der Bewegungsgleichungen des Äthers. Herr Wien meint: es sind nur mögliche Integrale; ich behaupte: es sind die einzig möglichen, wenn man die übrigen Helmholtzschen Annahmen beibehält. Ich gestehe gerne, dass diese Meinungsdifferenz wesentlich dadurch verursacht ist, dass ich in meiner ersten Darstellung reichlich knapp gewesen bin. Da ich jedoch in kurzer Zeit eine neue Publikation über denselben Gegenstand beabsichtige, will ich jetzt noch nichts Genaueres bringen, um erst bei dieser Gelegenheit die Annahmen, auf denen meine Theorie beruht, noch einmal ganz ausführlich klarzulegen.

Völlig unverständlich ist mir aber der letzte Abschnitt der Wienschen Bemerkungen geblieben. Ich habe es bisher für einen allgemein anerkannten Satz gehalten, dass der Poyntingsche Vektor in einem statischen Felde nur auf geschlossenen Kurven verlaufen kann und demnach Wirbelstellen haben muss. Ich kann mir nicht recht denken, dass Herr Wien dies anzweifeln will. Er scheint es aber zu thun, indem er darauf hinweist, dass im Innern eines homogenen elektrischen und magnetischen Feldes keine Wirbelstellen vorhanden sind. Ich weiss nun nicht, ob Herr Wien übersieht, dass in diesem Falle der Rand des Feldes die Wirbelstellen enthält, oder ob sein Feld überhaupt keine Grenzen haben soll. Wie man ein unbegrenztes Feld herstellen kann, ist mir unbekannt. Herrn Wiens absprechendes Urteil über meine Versuche scheint mir also jeder positiven Grundlage zu entbehren.

(Eingegangen am 11. Dezember 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Beziehungen zwischen der experimentellen und der mathematischen Physik.

Von H. Poincaré.

(Fortsetzung.)

Ursprung der mathematischen Physik.

Gehen wir weiter und studieren zunächst die Bedingungen, unter denen sich eine mathematische Physik entwickeln kann. Wir machen uns zunächst klar, dass die Bemühungen der Forscher von jeher dahin gegangen sind, die verwickelte, direkt gegebene Erscheinung durch das Experiment in eine sehr grosse Zahl elementarer Erscheinungen aufzulösen.

Und zwar auf drei verschiedene Arten: zuerst nach der Zeit. Statt die allmähliche Entwicklung einer Erscheinung in ihrer Gesamtheit ins Auge zu fassen, sucht man einfach jeden Augenblick dem unmittelbar vorhergehenden anzureihen; man setzt voraus, dass der gegenwärtige Zustand der Welt nur von dem unmittelbar vorhergehenden abhängt, ohne sozusagen von der Erinnerung an eine fernere Vergangenheit direkt beeinflusst zu sein. Dank diesem Satze kann man sich, statt direkt die gesamte Folge der Erscheinungen zu untersuchen, darauf beschränken, ihre „Differentialgleichung“ hinzuschreiben; an Stelle der Keplerschen Gesetze setzt man dasjenige Newtons.

Des weiteren sucht man die Erscheinung im Raume auseinander zu legen. Was das Experiment uns giebt, ist ein wirrer Haufen von Thatsachen, die sich auf einem Schauplatze von

einer gewissen Ausdehnung abspielen; man muss demgegenüber versuchen, die elementare Erscheinung herauszufinden, die auf einer sehr kleinen Stelle des Raumes ihren Sitz hat.

Einige Beispiele werden vielleicht diese Gedanken besser begreiflich machen. Wenn man die Verteilung der Temperatur in einer sich abkühlenden Flüssigkeit ihrer ganzen Kompliziertheit nach untersuchen wollte, so würde man niemals zu einem Ziele gelangen. Alles wird einfach, wenn man bedenkt, dass ein Punkt der Flüssigkeit an einen entfernten direkt keine Wärme abgeben kann; er wird Wärme unmittelbar nur den benachbartesten Punkten abgeben können und darum kann der Wärmefluss andere Teile der Flüssigkeit nur nach und nach erreichen. Die elementare Erscheinung ist der Wärmeaustausch zwischen zwei benachbarten Punkten; sie ist streng an den Ort gebunden und relativ einfach, wenn man bedenkt, dass sie natürlicherweise nicht durch die Temperatur von Molekülen beeinflusst wird, deren Entfernung einen endlichen Wert hat.

Ich biege einen Stab; er wird eine sehr komplizierte Form annehmen, deren direkte Untersuchung unmöglich wäre. Ich kann sie indessen finden, wenn ich beachte, dass seine Biegung nur die Resultante der Deformationen der Elemente des Stabes ist, und dass die Deformation jedes Elementes nur von Kräften abhängt, die direkt an demselben angreifen, keineswegs aber von solchen, die auf die andern Elemente wirken.

In allen diesen Beispielen, die ich mit Leichtigkeit vervielfachen könnte, setzt man voraus, dass es keine Wirkung in die Ferne oder wenigstens keine in grosse Entfernung giebt. Das ist eine Hypothese; sie ist nicht immer wahr, wie das Gesetz der Schwerkraft beweist; man muss sie also der Bestätigung unterwerfen; ist sie auch nur angenähert bestätigt, so ist sie wertvoll, denn sie erlaubt uns, mathematische Physik zu treiben, zum mindesten durch allmähliche Annäherungen.

Wenn sie der Prüfung nicht Stand hält, muss man etwas anderes Analoges suchen; denn es giebt noch andere Mittel zur elementaren Erscheinung zu kommen. Wenn mehrere Körper gleichzeitig wirken, so kommt es vor, dass ihre Wirkungen unabhängig voneinander sind und sich einfach zueinander addieren, sei es nach der Art der Vektoren, sei es nach Art der skalaren Grössen. Die elementare Erscheinung ist dann die Wirkung eines isolierten Körpers. Oder auch man hat es mit kleinen Bewegungen zu thun, allgemeiner gesprochen mit kleinen Variationen, welche dem wohlbekannten Gesetze der Superposition gehorchen. Die beobachtete Bewegung wird dann in einfache Bewegungen aufgelöst, z. B. der Klang in seine Obertöne, das Licht in seine einfarbigen Bestandteile.

Hat man entschieden, von welcher Seite man zweckmässig die elementare Erscheinung suchen muss, durch welche Hilfsmittel kann man sie dann erreichen?

Da wird es oft vorkommen, dass es, um sie herauszufinden oder vielmehr dasjenige von ihr herauszufinden, was uns nützlich ist, garnicht einmal nötig ist, ihren Mechanismus zu durchschauen; das Gesetz der grossen Zahlen reicht vielmehr aus. Nehmen wir wieder das Beispiel der Wärmeausbreitung; jedes Molekül stösst gegen jedes benachbarte an; nach welchem Gesetze, brauchen wir nicht zu wissen; wollten wir irgend etwas in dieser Hinsicht annehmen, so wäre das eine indifferente Hypothese, und folglich eine unnütze, der Bestätigung unzugängliche. Thatsächlich gleichen sich durch das Spiel der Mittelwerte und dank der Symmetrie des Mediums alle Verschiedenheiten aus, und das Resultat ist immer dasselbe, welche Hypothese wir auch gemacht haben.

Derselbe Umstand tritt in der Theorie der Elastizität und in derjenigen der Kapillarität zu Tage. Die benachbarten Moleküle ziehen einander an und stossen sich gegenseitig ab; wir brauchen nicht zu wissen, nach welchem Gesetze; es genügt für uns, dass diese Anziehung erst in kleiner Entfernung merklich wird, dass diese Moleküle sehr zahlreich sind, und dass das Mittel symmetrisch ist; wir brauchen im übrigen nur das Gesetz der grossen Zahlen wirken zu lassen.

Hier verbarg sich also die Einfachheit der elementaren Erscheinung hinter der Kompliziertheit der beobachteten, resultierenden; aber diese Einfachheit ihrerseits war nur eine scheinbare und verhüllte einen sehr verwickelten Mechanismus.

Das beste Mittel, zur elementaren Erscheinung zu kommen, wäre ersichtlich das Experiment. Man müsste durch experimentelle Kunstgriffe das verwickelte Bündel auflösen, welches die Natur unsern Untersuchungen darbietet und mit Sorgfalt die möglichst gereinigten Bestandteile desselben untersuchen; man würde z. B. das weisse natürliche Licht mit Hilfe des Prismas in einfarbige Lichtarten, mit Hilfe des Polarisators in polarisierte Bestandteile auseinanderlegen.

Unglücklicherweise ist das niemals möglich, niemals ausreichend; und der Geist muss zuweilen dem Experimente vorauseilen. Ich will nur ein Beispiel anführen, welches mir immer besonders aufgefallen ist:

Wenn ich das weisse Licht auseinanderlege, so kann ich einen kleinen Teil des Spektrums isolieren, aber er bewahrt eine gewisse Breite, so klein er auch sei: Ebenso geben uns die sogenannten natürlichen einfarbigen Lichtquellen zwar einen sehr feinen, aber immerhin

keinen unendlich feinen Strahl. Man könnte nun glauben, wenn man experimentell die Eigenschaften dieser natürlichen Lichtarten studiere und mit immer feineren Strahlen arbeite und schliesslich sozusagen zu einer Grenze übergehe, werde man die Eigenschaften eines streng einfarbigen Lichtes kennen lernen.

Das wäre nicht genau. Ich nehme an, zwei Strahlen gingen von derselben Lichtquelle aus, man polarisierte sie in zwei rechtwinklig aufeinander stehenden Spiegeln, führe sie dann auf dieselbe Polarisationsebene zurück und versuche, sie zur Interferenz zu bringen. Wenn das Licht streng einfarbig wäre, so würden sie interferieren; aber mit unsern nicht entfernt einfarbigen Lichtarten erhalten wir keine Interferenz. So fein auch der Strahl ist, er müsste, damit es anders wäre, noch mehrere Millionenmal feiner sein, als die feinsten Strahlen, die wir kennen.

Hier würde uns also der Grenzübergang im Stiche gelassen haben; der Geist musste dem Experiment vorauseilen; und wenn er es mit Erfolg that, so geschah es, weil er sich von dem Instinkte der Einfachheit leiten liess.

Die Kenntnis der Elementarthatsache befähigt uns, das Problem in eine Gleichung zu bringen; es bleibt nur noch übrig, daraus durch Kombination die verwickelte Thatsache abzuleiten, die der Beobachtung und Bestätigung zugänglich ist. Das ist das, was man Integration nennt, und sie ist die Aufgabe des Mathematikers.

Man kann sich fragen, warum sich in den physikalischen Wissenschaften die Verallgemeinerung so gerne der mathematischen Form bedient. Der Grund ist jetzt leicht zu erkennen; es geschieht nicht nur, weil man zahlenmässige Gesetze auszudrücken hat; es geschieht auch, weil die beobachtete Erscheinung durch die Übereinanderlagerung einer grossen Zahl von Elementarerscheinungen zu Stande kommt, die sich untereinander durchaus gleichen; so wird man ganz natürlicherweise auf die Differentialgleichungen geführt.

Es genügt nicht, dass jede elementare Erscheinung einfachen Gesetzen gehorcht, es ist auch nötig, dass alle diejenigen, die man zu kombinieren hat, demselben Gesetze gehorchen. Nur dann kann das Eingreifen der Mathematik nützlich sein. Die Mathematik lehrt uns ja doch, gleiches mit gleichem zu kombinieren. Ihr Ziel ist, das Resultat einer Kombination vorauszusagen, ohne diese Kombination Stück für Stück immer wieder vornehmen zu müssen. Wenn man mehrere Male ein und dieselbe Operation zu wiederholen hat, so gestattet sie uns diese Wiederholung zu vermeiden, indem sie uns durch eine Art von Induktion das Resultat zum voraus erkennen lässt.

Aber dazu müssen alle Operationen unter sich gleich sein; im entgegengesetzten Falle müsste man sie wohl oder übel thatsächlich eine nach der andern vornehmen, und die Mathematik wäre überflüssig.

Der angenäherten Gleichartigkeit der von dem Physiker untersuchten Materie ist es demnach zu danken, dass die mathematische Physik entstehen konnte.

In der Naturgeschichte findet man diese Bedingungen schon nicht mehr: Gleichartigkeit, relative Unabhängigkeit entfernter Teile, Einfachheit elementarer Thatsachen; deshalb sind die Vertreter dieser Wissenschaften gezwungen, zu anderen Arten der Verallgemeinerung ihre Zuflucht zu nehmen.

Charakterisierung der physikalischen Theorien.

Der Laie ist erstaunt, wenn er sieht, wie viele wissenschaftliche Theorien überlebt sind. Nach einigen Jahren des Gedeihens sieht er sie aufgegeben; er sieht Trümmer sich über Trümmer häufen; er sieht voraus, dass die heute modernen Theorien ihrerseits über kurzem zusammenstürzen werden und schliesst daraus, dass sie durchaus nichtig seien. Er nennt das den Bankerott der Wissenschaft.

Sein Zweifel ist überflüssig; er hat sich niemals von dem Zweck und den Zielen der Wissenschaft Rechenschaft gegeben, sonst würde er lernen, dass auch noch Ruinen zu etwas gut sein können.

Keine Theorie schien fester begründet als die Fresnels, welcher das Licht Ätherbewegungen zuschrieb. Und doch zieht man ihr heute diejenige Maxwells vor. Will das etwa sagen, dass das Werk Fresnels vergeblich gewesen ist? Nein, denn das Ziel Fresnels war nicht, zu wissen, ob es wirklich einen Äther giebt, ob er aus Atomen besteht oder nicht, ob sich diese Atome wirklich in diesem oder jenem Sinne bewegen oder nicht; sein Ziel war vielmehr, optische Erscheinungen vorauszusehen.

Und das gestattet die Fresnelsche Theorie noch immer, heute so gut wie vor Maxwell. Ihre Differentialgleichungen sind immer wahr; man kann sie immer in derselben Weise integrieren und die Ergebnisse dieser Integration behaupten alle Zeit ihren vollen Wert.

Man sage nun nicht, dass wir so die physikalischen Theorien in die Rolle einfacher praktischer Rezepte herunterdrücken; jene Gleichungen drücken Beziehungen aus, und wenn die Gleichungen wahr bleiben, so heisst das, dass diese Beziehungen ihre Gültigkeit behalten. Sie lehren uns nach wie vor, dass eine Beziehung zwischen irgend einer Sache und einer anderen besteht. Nur, dass wir das, was wir einst Bewegung nannten, heute elektrischen Strom nennen. Aber diese Benennungen waren

nie mehr als Bilder, welche man den wahren Dingen untergeschoben hat, wie uns die Natur für ewige Zeiten verhüllen wird. Die thatsächlichen Beziehungen zwischen diesen wahren Dingen sind die einzige Wirklichkeit, die uns zugänglich ist, und die einzige Bedingung dafür ist, dass dieselben Beziehungen zwischen diesen Dingen bestehen, wie zwischen den Bildern, die wir notwendigerweise an ihre Stelle setzen müssen. Wenn uns diese Verhältnisse klar sind, was liegt daran, ob wir es für bequemer erachten, ein Bild durch ein anderes zu ersetzen.

Dass irgend eine periodische Erscheinung (eine elektrische Schwingung z. B.) thatsächlich durch die Schwingung einer Art von Atome zu stande komme, die sich wie Pendel in diesem oder jenem Sinne aus ihrer Gleichgewichtslage entfernen, dass ist weder gewiss noch interessant. Aber dass zwischen der elektrischen Schwingung, der Pendelbewegung und allen periodischen Erscheinungen eine innere Verwandtschaft besteht, welche einer verborgenen Wirklichkeit entspricht, dass diese Verwandtschaft, diese Ähnlichkeit, oder besser dieser Parallelismus sich bis in die Einzelheiten verfolgen lässt, dass sie eine Folgerung allgemeiner Prinzipien ist, nämlich des Prinzips der Energie und desjenigen der kleinsten Wirkung, das können wir bestätigen; das ist die Wahrheit, die alle Zeit dieselbe bleiben wird, unter jedem Gewande, mit dem wir sie herauszuputzen für gut finden.

Man hat zahlreiche Dispersionstheorien vorgeschlagen. Die ersten waren unvollkommen und enthielten nur einen kleinen Teil von Wahrheit. Darauf ist diejenige von Helmholtz gekommen. Dann hat man diese in verschiedener Weise modifiziert, und ihr Schöpfer selbst hat eine neue, auf den Maxwellschen Prinzipien begründete erdacht. Aber, eine bemerkenswerte Thatsache: alle Forscher, die nach Helmholtz gekommen sind, sind zu denselben Gleichungen gelangt, obwohl sie von scheinbar weit auseinanderliegenden Punkten ausgegangen sind. Ich wage zu sagen, dass diese Theorien alle miteinander wahr sind, nicht nur, weil sie uns dieselben Erscheinungen voraussehen lassen, sondern auch, weil sie uns eine wahre Beziehung enthüllen, nämlich diejenige zwischen der Absorption und der anomalen Dispersion. In den Voraussetzungen dieser Theorien ist das, was wahr ist, eben das, was allen Autoren gemeinsam ist; nämlich die Behauptung dieser oder jener Beziehung zwischen gewissen Dingen, welche die Einen mit diesem, die Anderen mit jenem Namen bezeichnen.

Die kinetische Theorie der Gase hat zu sehr vielen Einwänden Anlass gegeben, auf die schwer etwas zu entgegnen wäre, wenn man in ihr die absolute Wahrheit zu erblicken vorgäbe. Aber alle diese Einwände können nichts daran ändern, dass sie nützlich gewesen ist, und dass sie es besonders dadurch gewesen ist, dass sie uns eine wahre und ohne sie tiefverborgene Beziehung enthüllt hat, nämlich diejenige zwischen dem Gasdruck und dem osmotischen Druck. In diesem Sinne kann man doch sagen, dass sie wahr ist.

Wenn ein Physiker einen Widerspruch findet zwischen zwei Theorien, die ihm in gleicher Weise lieb sind, so sagt er zuweilen, wir wollen uns nicht darüber beunruhigen, sondern wollen die beiden Enden der Kette festhalten, obgleich uns die zwischenliegenden Glieder verborgen sind. Dieses Argument nach Art eines in die Enge getriebenen Theologen wäre lächerlich, wenn man den physikalischen Theorien den Sinn unterlegen wollte, den ihnen der Laie giebt. Im Falle des Widerspruchs müsste wenigstens eine von ihnen für falsch erklärt werden. Das ist anders, wenn man in ihnen nur das sucht, was man in ihnen suchen muss. Es kann vorkommen, dass sie beide wahre Beziehungen ausdrücken und dass der Widerspruch nur in den Bildern besteht, mit denen wir die Wirklichkeit umkleidet haben.

Denjenigen, die der Meinung sind, dass wir das den Forschern zugängliche Gebiet zu eng abstecken, möchte ich erwidern: die Fragen, die wir Euch verbieten, und die Ihr mit Bedauern preisgeben müsst, sind nicht nur unlösbar, sondern sie sind sogar illusorisch und ohne Sinn und Verstand.

Ein solcher Philosoph behauptet z. B., dass die ganze Physik durch gegenseitige Stösse der Atome zu erklären sei. Wenn er damit nur sagen will, dass zwischen den physikalischen Erscheinungen dieselben Beziehungen bestehen, wie zwischen den wechselseitigen Stössen einer grossen Zahl von Billardbällen, wohlan, so ist das der Bestätigung zugänglich und kann wahr sein. Aber er will weit mehr sagen; und wir glauben ihn zu begreifen, weil wir zu wissen glauben, was der Stoss an sich ist; warum? ganz einfach, weil wir sehr oft dem Billardspiel zugesehen haben. Meinen wir nun, dass Gott, wenn er sein Werk betrachtet, dieselben Empfindungen haben wird wie wir, wenn wir einem Billardwettkampf zusehen? Wenn wir jenen Versicherungen nicht diesen bizarren Sinn geben und ihnen noch weniger den beschränkten Sinn unterlegen wollen, den ich eben auseinandergesetzt habe und der der richtige ist, so haben sie überhaupt keinen mehr.

Die Hypothesen dieser Art haben also nur einen bildlichen Sinn. Der Forscher braucht sie sich nicht zu untersagen, ebensowenig wie sich der Dichter die Bilder versagt; aber er muss wissen, welchen Wert sie haben. Sie können nützlich sein, um dem Geiste eine Ge-

nugthuung zu geben, und sie werden nicht schädlich wirken, vorausgesetzt, dass sie nur indifferente Hypothesen sind.

Diese Erwägungen zeigen uns auch, warum gewisse Theorien, die man endgültig verlassen und vom Experimente widerlegt glaubte, plötzlich wieder aus ihrer Asche auferstehen und ein neues Leben beginnen. Darum, weil sie wahre Beziehungen ausdrückten; und weil sie nicht aufgehört hatten, das zu thun, als man aus dem einen oder anderen Grunde dieselben Beziehungen in einer anderen Sprache ausdrücken zu müssen glaubte. Sie hatten so eine Art latenten Lebens bewahrt.

Noch vor kaum 15 Jahren gab es keinen lächerlicheren, mehr überwundenen Standpunkt, als die Fluida Coulombs; und siehe da, sie erscheinen heute unter dem Namen Elektron wieder. Wodurch unterscheiden sich diese elektrisierten Moleküle von bleibender Form von den elektrischen Molekülen Coulombs? Freilich bei den Elektrons wird die Elektrizität von etwas Materie getragen; aber von wie wenig; mit anderen Worten, sie haben eine Masse; auch Coulomb verweigerte seinen Flüssigkeiten die Masse nicht oder, wenn er es that, nur mit Vorbehalt. Es wäre kühn, zu behaupten, dass der Glaube an die Elektrons nicht einst wieder erschüttert würde. Das würde nicht weniger seltsam sein, wie diese unerwartete Wiedergeburt zu konstatieren.

Das überraschendste Beispiel ist hier das Prinzip von Carnot. Carnot hat es aufgestellt, indem er von falschen Hypothesen ausging; als man bemerkte, dass die Wärme nicht unzerstörbar ist, sondern in Arbeit überführt werden kann, verliess man seine Ideen vollständig; bis dann Clausius darauf zurückkam und ihnen endgültig zum Siege verhalf. Die Theorie von Carnot brachte in ihrer ursprünglichen Form neben wirklichen, andere ungenaue Beziehungen zum Ausdruck, Überreste veralteter Ideen; aber die Anwesenheit dieser letzteren berührte nicht die Wirklichkeit der ersteren. Clausius brauchte sie nur auszumerzen, wie man tote Zweige ausschneidet.

Das Ergebnis war der zweite Hauptsatz der Thermodynamik. Es waren immer dieselben Beziehungen; obwohl diese Beziehungen nicht mehr, wenigstens nicht mehr offenkundig, zwischen denselben Dingen statt hatten. Aber sie waren genügend um dem Prinzipe seine Geltung zu sichern. Ja, selbst die Überlegungen Carnots sind hierfür nicht verloren; sie wurden auf einer mit Irrtum behafteten Grundlage aufgebaut; aber ihre Form (d. h. ihr Wesen) blieb richtig.

Was ich eben gesagt habe, beleuchtet gleichzeitig die Rolle der allgemeinen Prinzipien, wie das Prinzip der kleinsten Wirkung und dasjenige von der Erhaltung der Energie eines ist.

Diese Prinzipien haben einen sehr hohen Wert, man hat sie gefunden, indem man in dem Ausdruck der zahlreichen physikalischen Gesetze das suchte, was ihnen allen gemeinsam war: sie stellen also gleichsam die Quintessenz unzähliger Beobachungen dar.

Immerhin folgt aus ihrer Allgemeinheit selbst, worauf ich in dem Vorwort meiner Vorlesungen über Thermodynamik hingewiesen habe, dass sie nicht mehr der Bestätigungen unterworfen werden können. Da wir von der Energie keine allgemeine Definition geben können, so besagt das Prinzip von der Erhaltung der Energie einfach, dass es irgend etwas giebt, was konstant bleibt. Nun wohl, welche neuen Kenntnisse von der Welt auch immer die Experimente der Zukunft uns bringen werden, wir sind zum voraus gewiss, dass irgend etwas dabei konstant bleiben wird, was wir Energie nennen können.

Muss man deshalb sagen, dass das Prinzip keinen Sinn hat oder sich in eine Tautologie auflöst? Keineswegs, es hebt hervor, dass die verschiedenen Dinge, denen wir den Namen Energie geben, durch eine wirkliche Verwandtschaft verknüpft sind. Es stellt zwischen ihnen eine thatsächliche Beziehung her.

Wenn nun auch das Prinzip einen Sinn hat, so kann es doch falsch sein; es kann sein, dass man nicht das Recht hat, seine Anwendungen ins Unendliche auszudehnen; und wenn man im voraus sicher ist, dass es im wahren Sinne des Wortes bestätigt werden wird, wie können wir dann erfahren, wenn es die ganze Ausdehnung erreicht hat, die man ihm rechtmässig geben kann? Ganz einfach dann, wenn es aufhört, uns nützlich zu sein, d. h. uns neue Erscheinungen voraussehen zu lassen, ohne uns zu täuschen. Wir werden in einem solchen Falle sicher sein, dass die behauptete Beziehung nicht mehr wirklich ist. Denn sonst wäre sie fruchtbar; das Experiment würde, ohne gerade einer weiteren Ausdehnung des Prinzipes zu widersprechen, es trotzdem umgestossen haben. (Schluss folgt.)

BESPRECHUNGEN.

A. Heydweiller, Die Entwicklung der Physik im 19. Jahrhundert (Vortrag gehalten im Humboldt-Verein für Volksbildung zu Breslau, am 6. Februar 1900). 32 Seiten, Berlin 1900.

Es mehren sich seit einigen Jahren in erfreulicher Weise die Zeichen, dass sich das erkenntnistheoretische und historische Interesse in der Physik belebt. Der vorliegende Vortrag gehört zu den wohlthuenden Belegen dieser Bewegung und scheint mir berufen, sein Teil zur Förderung derselben beizutragen.

Die Jahrhundertwende wird dem Verfasser der äussere Anlass zu einer glanzvollen Heerschau der Physik des abgelaufenen Jahrhunderts. Dass als der Weisheit letzter Schluss dabei unsrer Gegenwartsarbeit die Anerkennung würdiger Mit- und Fortarbeit an der naturwissenschaftlichen Renaissance des vergangenen Jahrhunderts zu teil wird, sei besonders hervorgehoben, da zuweilen andere, uns weniger anerkennende Meinung laut werden will.

Als die zwei hervorragendsten Geistesthaten des 19. Jahrhunderts, die sich als ersten Ranges der Aufstellung des Kopernikanischen Weltsystems und der des allgemeinen Gravitationsgesetzes durch Newton würdig anreihen, werden präcisiert: Die Erkenntnis der Wesensgleichheit aller Strahlungserscheinungen und die Zusammenfassung aller Naturerscheinungen durch das Gesetz von der Erhaltung der Energie.

Von diesen beiden beherrschenden Gipfeln aus zeigt der Verfasser das grosse, in 100jähriger, so fruchtbarer Forschungsarbeit eroberte Gebiet. Klar und geistvoll werden die hervorragenden Forschungen dargestellt und um die grossen Forschernamen gruppiert, die den Entwicklungspfad markieren. Nur das prinzipiell Bedeutsame wird hervorgehoben, die theoretischen Ziele und Wandelungen werden scharf umrissen, Unwesentliches bleibt unerwähnt, kurz, wir haben hier einen von vertiefter wissenschaftlicher Anschauung aus erfassten Geschichtsabriss der Physik im 19. Jahrhundert.

Es ist zu wünschen, dass der Vortrag recht viel gelesen wird; namentlich auch von den Lehrenden und Studierenden der Naturwissenschaften, denen er den weiten, von unwesentlichen Einzelheiten nicht verwirrten Blick vermitteln helfen wird, ohne den es weder ein erfolgreiches Lernen, noch auch Lehren oder gar Forschen giebt. Und wie not thut noch immer gerade so vielen Lehrenden zu wissen, was für den Unterricht wesentlich und unwesentlich ist. Die Pflege geschichtlicher und erkenntniskritischer Betrachtung im Sinne des vorliegenden Vortrags wird hier unschätzbare Dienste leisten. H. Th. S.

(Eingegangen 1. Dezember 1900.)

F. Harrwitz, Adressbuch für die deutsche Mechanik und Optik und verwandte Berufszweige. 2. Auflage. Bd. II. Berlin 1900. VIII und 424 Seiten. F. u. M. Harrwitz. Preis geheftet 8 Mk., gebunden 10 Mk.

Vor einiger Zeit ist nun auch der zweite Band des genannten Adressbuches, auf den wir schon in Nr. 33 des vorigen Jahrganges hingewiesen haben, erschienen und es soll auch an dieser Stelle nochmals auf die Wichtigkeit dieses Buches aufmerksam gemacht werden. Namentlich ist es der vorliegende Band, welcher das Interesse der wissenschaftlichen Institute wahrnimmt, indem in diesem Bande alle Institute, Korporationen, höhere Lehranstalten, sowie auch die Exporteure, Konsulate u. s. w. angeführt sind, mit denen der Mechaniker und Optiker in Beziehungen zu treten hat. Für den Physiker ist es gewiss wichtig, zu wissen, ob und welche wissenschaftlichen Institute sich an bestimmten Orten befinden, die in der Lage sind, ihm event. in Fragen örtlicher Natur Auskunft und Unterstützung in seinen Arbeiten zu verschaffen, oder an welche Behörden er sich in solchen Fällen etwa wenden kann. Von diesem Gesichtspunkte aus ist der vorliegende Band des Adressbuches auch für jeden Naturwissenschaftler (im weitesten Sinne) als Nachschlagewerk von Bedeutung.

Wenn Referent nach Skizzierung des Inhaltes des vorliegenden Bandes sich noch einen Zusatz erlauben darf, so ist es der Hinweis darauf, dass es bei der Herstellung solcher Werke sehr schwierig ist, eine gewisse Vollständigkeit und Richtigkeit der Angaben zu erlangen, wenn nicht alle Beteiligten dem Herausgeber hilfreich zur Seite stehen. Daher liegt es im eigenen Interesse auch der einzelnen Gelehrten und wissenschaftlichen Institute, wenn etwa aufgefundene Mängel an geeigneter Stelle angezeigt werden, so dass dieselben später abgestellt werden können. Jeder nützt dadurch nicht nur dem Werke, sondern auch der Gemeinschaft Aller. Wie bei allen kompilatorischen Werken ähnlicher Art ist die Beschaffung zuverlässigen Materials meist auf die Mitwirkung der späteren Interessenten selbst gegründet. L. A.

(Eingegangen 7. Dezember 1900.)

C. Bremiker, Logarithmisch-trigonometrische Tafeln mit fünf Dezimalstellen. 8. Stereotyp-Ausg., besorgt vom Prof. Dr. A. Kallius. Berlin, Weidmannsche Buchhandlung 1900. Mk. 1.20.

Wenn an dieser Stelle auf die in neuer Auflage erschienenen bekannten Tafeln hingewiesen wird, so geschieht das nicht, um von neuem auf den früheren Inhalt derselben hinzuweisen, sondern ganz besonders wegen einer Vermehrung, welche die neue Ausgabe durch Hinzufügung der von Dr. M. v. Rohr berechneten trigonometrischen Tafeln der kleinen Winkel erfahren hat. Bekanntlich ist es namentlich bei optischen Rechnungen von Wichtigkeit, die Funktionen der kleinen Winkel gut und in genügend engen Intervallen tabuliert zu haben.

In der Haupttafel schreitet bekanntlich das Argument der goniometrischen Funktionen von $0^0.01$ zu $0^0.01$ fort; dementsprechend ist für die Winkel bis zu 5^0 das Intervall von $0^0.001$ zu $0^0.001$ gewählt worden, wodurch die Tafel durch leichte Interpolation die Funktion noch für $0^0.0001$ giebt. Da dieser Betrag etwa $^1/_3$ Bogensekunde entspricht, so hätten, da die Tafel nur fünfstellige Logarithmen enthält, die Interpolationstafeln bei den Winkeln über 3^0, als über die Genauigkeit der Tafel selbst hinausgehend, wohl ganz wegbleiben können und lieber den ganz kleinen Winkeln solche zugefügt werden sollen. Wegen der bei optischen Rechnungen sich aber leicht anhäufenden Abrundungsfehlern mögen auch dort dieselben wohl beigesetzt worden sein. Die Tafel des Hr. Dr. v. Rohr wird vielen praktischen Rechnern von Wert sein, sie bedeutet einen Schritt weiter zur Einführung der zunächst gewiss allein zu erreichenden Dezimalteilung des „90-teiligen" Grades. L. A.

(Eingegangen 7. Dezember 1900.)

Personalien.

Der ordentliche Professor der Physik an der böhmischen Technischen Hochschule in Prag, Hofrat Karl Zenger, ist in den Ruhestand getreten.

E. Ketteler, ordentlicher Professor der Physik an der Akademie zu Münster i. W. ist daselbst am 8. Dezember an den Folgen einer Influenza gestorben.

Briefkasten.

Cavendish Laboratorium, Cambridge (England), 1. Dez. 1900.

An die Redaktion der physikalischen Zeitschrift.

Es wird für Ihre Leser, besonders diejenigen, die elementare Physik vorzutragen haben, von Interesse sein, zu erfahren, dass alle Erscheinungen, die in dem in Ihrer Zeitschrift (I, S. 557) abgedruckten Aufsatze „Vorlesungsdemonstration über Wellenbewegung" behandelt sind, sich vorteilhaft in folgender Weise projizieren lassen (siehe Fig. 1). Das Licht einer Bogenlampe (oder auch einer Petroleumlampe) wird unter einem Winkel von ungefähr 45^0 gegen die Horizontale durch den Glasboden eines Troges hindurch aufwärts geworfen. Jede Erschütterung auf der Wasseroberfläche wird dann auf dem vertikalen Schirm sichtbar. Man verwendet klares Wasser in einer Schicht von 2—3 mm; die Kräuselungen der „brechenden Fläche" zeichnen sich dunkel auf hellem Grunde ab, so dass ihre Lage und Form als Schatten auf dem Schirme sichtbar werden.

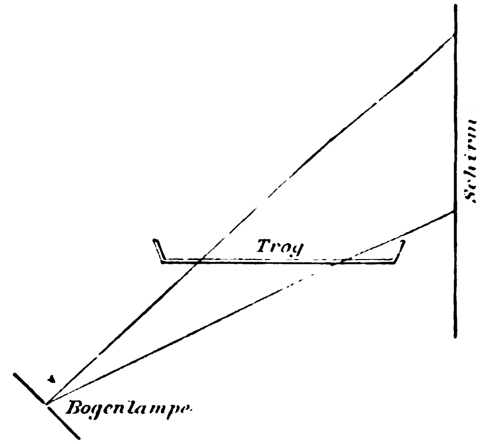


Fig. 1.

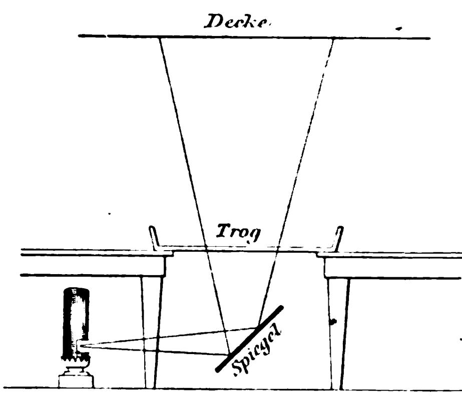


Fig. 2.

Vielleicht ist folgende Anordnung noch einfacher (siehe Fig. 2): Der Trog wird querüber zwischen zwei Tische gestellt, und mit Hilfe eines Spiegels werden die Wellen direkt an die Decke projiziert.

Die Art der Handhabung ist dieselbe, wie in dem erwähnten Artikel beschrieben, aber es können kleinere Reflektoren u. s. w. verwendet werden. Um kreisförmige Wellen zu erregen, genügt im allgemeinen eine Berührung der Wasseroberfläche mit einem Finger, obgleich eine kleine runde Scheibe stärkere Wellen giebt.

In der Hoffnung, dass das Obenstehende von Nutzen für Ihre Leser sein möge, bin ich

Ihr ergebener

Will. C. Baker.

Berichtigungen.

In dem Aachener Vortrag von Professor Richarz, Über Temperaturunterschiede in auf- und absteigenden Luftströmen, Heft 10, ist auf Seite 153, zweite Spalte, Zeile 22 von unten statt *Q*, *O*; Seite 154, erste Spalte, Zeile 30 von unten statt Röhrennetz, Röhrenviereck; Seite 154, zweite Spalte, Zeile 7 von oben statt langsam, langsamer zu lesen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 13. 29. Dezember 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zur Anwendung der Fourierschen Reihenentwickelung in der Optik.

Von C. H. Wind.

1. Einleitung.

Während die Versuche von Haga und mir über die Beugung der Röntgenstrahlen[1]) im Gange waren, glaubten noch manche, diese Strahlen für Ströme fortgeschleuderter Partikelchen halten zu dürfen. Einige Gelehrte, u. a. E. Wiechert, G. Stokes und J. J. Thomson, hatten aber auch schon eine andere Meinung geäussert, welche der Hauptsache nach auf das Folgende hinauskommt. Es sollen die Strahlen herrühren von der im Äther vor sich gehenden Ausbreitung gewisser unregelmässiger elektromagnetischer Stösse, welche an der Antikathode erregt werden durch den Anprall, d. h. die plötzliche Bewegungshemmung, der geladenen Teilchen oder Elektronen, welche die Kathodenstrahlen bilden. Lord Rayleigh[2]) hatte, sich auch dieser Meinung anschliessend, unter Hinweis auf die Fouriersche Reihenentwickelung gesagt, es müsste dann jedenfalls diese Strahlung eine von sehr geringer Wellenlänge sein, ohne jedoch diese Behauptung ausführlich zu begründen, und G. Johnstone Stoney[3]) endlich versucht, letztere Lücke auszufüllen, jedoch nur in einer bestimmten Richtung und nicht mit der meiner Ansicht nach erwünschten Vollständigkeit.

Als dann die Versuche von Haga und mir eine Art von Beugungserscheinungen ergeben hatten, und wir aus denselben zu den bekannten kleinen Wellenlängen $\left(\frac{1}{4} \text{ bis } \frac{1}{100} \mu\mu\right)$ geschlossen hatten, habe ich in einer besonderen Note[4]) hervorgehoben und in Kürze nachzuweisen versucht, dass die gefundenen kleinen Wellenlängen nicht unbedingt zu deuten sind als ein Nachweis, dass in der Quelle gewisse regelmässig periodische Vorgänge von den entsprechenden kleinen Perioden stattfinden, sondern dass sie auch ganz gut verträglich sind u. a. mit der Hypothese der unregelmässigen Stösse.

Nachher wurde mir durch eine in dieser Zeitschrift erschienene Arbeit von A. Sommerfeld[1]) klar, dass meine ebengenannte Notiz, ihrer Kürze zufolge, leicht missverstanden werden konnte, und schien mir daher eine etwas ausführlichere Publikation der von mir über den Gegenstand angestellten Betrachtungen nicht ohne Nutzen zu sein.

Bei diesen Betrachtungen, welche sich in erster Linie auf die Anwendung der Fourierschen Reihenentwickelung auf optische Probleme bezogen haben, bin ich zu einigen Bemerkungen über diese Rechnungsmethode geführt worden, deren wesentlicher Inhalt — obgleich grösstenteils auch schon in Abhandlungen von Gouy[2]), Lord Rayleigh[3]), Schuster[4]), Michelson[5]) u. a. enthalten — nicht so allgemein bekannt sein dürfte[6]), dass nicht der Versuch mir berechtigt erschiene, an dieser Stelle noch einmal die Aufmerksamkeit eines grössern Leserkreises auf denselben hinzulenken.

2. Die Zerlegung der Erregungsfunktion mittels der Fourierschen Reihe.

Es mögen an irgend einem Punkte Q beliebige Gleichgewichtsstörungen stattfinden und diese einen Störungsvorgang mit Lichtgeschwindigkeit in den umgebenden Äther hinaussenden, welcher dabei eventuell einen Brechungs-, Interferenz- oder Beugungsapparat zu durchsetzen hat. Welches die Natur der Erregung ist, ob wir dabei an die Verschiebung eines Elektrons, an eine elektrische Schwingung in einem ele-

1) H. Haga und C. H. Wind, Wied. Ann. **68**, 884, 1899.
2) Lord Rayleigh, Nature **57**, 607, 1898.
3) G. Johnstone Stoney, Phil. Mag. (5) **45**, 532 u. **46**, 253. 1898.
4) C. H. Wind, Wied. Ann. **68**, 895 u. **69**, 327, 1899.

1) A. Sommerfeld, Diese Zeitschr. **1**, 105, 1900.
2) Gouy, Journ. de Phys. (2) **5**, 354, 1886; vergl. auch Compt. Rend. **120**, 945, 1895 u. **130**, 241, 1900.
3) Lord Rayleigh, Phil. Mag. (5) **27**, 298 u. 460, 1889.
4) A. Schuster, Phil. Mag. (5) **37**, 509, 1894; vergl. auch Compt. Rend. **120**, 987, 1895.
5) A. A. Michelson, Astrophys. Journ. **2**, 251, 1895.
6) Vergl. u. A. Poincaré, Compt. Rend. **120**, 757, 1895; Fabry, ibid. **130**, 238, 1900; Carvallo, ibid. **130**, 259, 1900.

mentaren Vibrator oder an die Verschiebung eines Elementes in einem elastischen Medium zu denken haben, wollen wir hier ganz dahingestellt sein lassen. Nur setzen wir voraus, dass der Verlauf der Erregung vollständig charakterisiert werden kann durch eine bestimmte Vektorgrösse, und wollen wir uns dann weiter in unseren Auseinandersetzungen auf eine Erregung beschränken, bei der nur eine Komponente dieser Vektorgrösse sich ändert, indem wir einen Störungsvorgang, welcher durch eine Erregung allgemeinerer Art ausgesandt werden würde, als eine einfache Superposition von den einzelnen Komponenten der Erregung entsprechenden Störungsvorgängen auffassen wollen. Diese Auffassung ist gewiss erlaubt, wenn die Zustandsgrössen, durch welche wir in der Quelle, wie in dem Äther, den Vorgang zu charakterisieren vermögen, immer nur homogenen linearen Differentialgleichungen zu genügen haben[1]).

Es sei denn die Zustandsgrösse, durch deren Verlauf wir uns denjenigen der Erregung in Q gegeben denken, durch $f(t)$ angedeutet und vorläufig bloss während eines Zeitintervalles von der Dauer T, zur Zeit $t=0$ anfangend, betrachtet. Nach Fourier gilt für dieses Zeitintervall die Gleichung

$$1)\quad f(t)=Q+\sum_{n=1}^{n=\infty}\left(A_n \sin n\frac{2\pi t}{T}+B_n \cos n\frac{2\pi t}{T}\right),$$

$$2)\quad Q=\frac{1}{T}\int_0^T f(t)\,dt,$$

$$3)\quad A_n=\frac{2}{T}\int_0^T f(t)\sin n\frac{2\pi t}{T}\,dt,$$

$$4)\quad B_n=\frac{2}{T}\int_0^T f(t)\cos n\frac{2\pi t}{T}\,dt.$$

Soweit es gestattet ist vorauszusetzen, dass in dem betrachteten Zeitintervall positive und negative Werte von $f(t)$ nahe gleichviel vorkommen, dürfen wir das konstante Glied Q in 1) vernachlässigen und erhalten wir dann für $f(t)$ eine Summe von harmonischen Gliedern. Jene Voraussetzung trifft aber nicht immer zu, z. B. nicht in dem Falle einer Gleichgewichtsstörung, welche besteht in einem einzigen, innerhalb des Zeitintervalles 0 bis T stattfindenden Impulse, von der von Hrn. Sommerfeld in seiner zitierten Mitteilung diskutierten Art, weil dieser Impuls nur in einem bestimmten Sinne stattfindet. Für diesen Fall und auch für den Fall, wo die Störung besteht in einer Reihe zeitlich getrennter, unter sich gleich oder beliebig gerichteter Impulse der erwähnten Art, machen wir eine auch in allgemeineren Fällen noch oft erlaubte Voraussetzung, nämlich diese, dass zur Zeit $t=0$ und zur Zeit $t=T$ die Funktion $f(t)$ verschwindet. Alsdann können wir, wiederum nach Fourier, für das betrachtete Zeitintervall die Funktion folgenderweise entwickeln:

$$f(t)=\sum_{n=1}^{n=\infty} a_n \sin n\frac{\pi t}{T}, \qquad 1')$$

$$a_n=\frac{2}{T}\int_0^T f(t)\sin n\frac{\pi t}{T}\,dt, \qquad 2')$$

wodurch wir auch hier für $f(t)$ eine Summe lauter harmonischer Glieder bekommen.

3. Der physikalische Sinn der Fourierschen Zerlegung.

Können wir zu jedem der harmonischen Glieder der Fourierschen Reihe einen Strahlungsvorgang im Äther finden, welcher von einer durch das Glied charakterisierten Elementarerregung in der Quelle hinausgesandt werden würde, so sind dies für uns ebensoviele Strahlungsvorgänge, welche mit den für den Äther gültigen Grundgleichungen verträglich sind; da letztere aber — nach unserer Voraussetzung — homogen und linear sind, wird dann auch die Superposition der genannten Strahlungsvorgänge im Äther, zusammen mit der Superposition der zugehörigen Erregungen in der Quelle, mit den Grundgleichungen verträglich sein. Es wird dann aber diese Superposition den gesamten Strahlungsvorgang bilden, welcher von der durch die Summe der harmonischen Glieder charakterisierten Erregung in den Äther hinausgesandt wird.

Es ergiebt sich daraus, dass man die Weise, in der sich die gegebene Störung thatsächlich ausbreiten wird, findet, wenn man die Ausbreitung der den einzelnen Gliedern der Fourierschen Reihe entsprechenden Elementarstörungen herleitet und nachher für jeden Ort und jede Zeit die für diese Strahlungsvorgänge berechneten Elementarwerte summiert. Kurz, man darf bei der Behandlung des Strahlungsproblems annehmen, dass nicht nur bei ihrem Auftreten in der Quelle, sondern auch bei ihrer Verbreitung in den umgebenden Raum hinaus, die den Gliedern der Reihe entsprechenden Elementarstörungen eine unabhängige Existenz nebeneinander führen.

1) Will man immer weiter in den Mechanismus der Erscheinungen vordringen, so wird es wohl nicht möglich bleiben, sich auf die Betrachtung solcher Zustandsgrössen zu beschränken, welche homogenen linearen Gleichungen genügen; unsere Auffassung ist daher keineswegs als unbeschränkt gültig anzusehen. So ist es z. B. bedenklich — worauf mich Herr Professor Lorentz freundlichst aufmerksam machte —, sie anzuwenden auf die molekularen Prozesse, welche in einer bestrahlten photographischen Platte vor sich gehen. Auch selbst, wo es sich um diesen Fall handelt, werden wir aber, wenn wir uns nicht an bestimmte Hypothesen über den Mechanismus wagen wollen, nicht viel Besseres thun können, als unsere Auffassung vorläufig als erlaubt zu betrachten.

Nun wird die in Q während der Zeit o bis T stattfindende Störung im Allgemeinen mit vorhergehenden und folgenden Störungen zusammenhängen. Wenn T aber genügend gross ist, wird dennoch der durch die Ausbreitung der Störung an irgend einer Stelle P des Raumes veranlasste Strahlungsvorgang während eines gewissen Zeitintervalles T', das allerdings von geringerer Dauer ist als T, nicht merklich von jenen vorhergehenden und folgenden Störungen beeinflusst werden, sondern wesentlich nur von der betrachteten, während des Intervalles o bis T in Q stattfindenden Störung abhängen. Die Differenz der Intervalle T und T' hängt zusammen mit, und ist von der Grössenordnung von, den grössten unter den Differenzen derjenigen Lichtzeiten, welche für die einzelnen Elementarstörungen zu den verschiedenen Wegen gehören, — die durch den Apparat von der Quelle Q zum Punkte P führen.

Ist die Dauer T in den von uns zu betrachtenden Fällen immer sehr gross gegen die grössten Differenzen der Lichtzeiten im Apparate — und das wollen wir hier ein- für allemal voraussetzen —, so ist es gestattet, die Differenz zwischen T und T' gegen T zu vernachlässigen und auch den dieser Differenz entsprechenden Teil des Strahlungsvorganges in P ausser Beachtung zu lassen neben dem andern, während des erwähnten Intervalles von der Dauer T' stattfindenden Teil. Dann ist es aber für den Strahlungsvorgang in P, welcher von der von o bis T in Q vorgehenden Störung $f(t)$ veranlasst wird, praktisch vollkommen gleichgültig, was für eine Reihe von Störungen letzterer vorangeht oder folgt. Jener Strahlungsvorgang in P wird daher auch unter ganz beliebigen thatsächlich obliegenden Verhältnissen wesentlich derselbe sein, wie wenn, insbesondere, die betrachtete Störung $f(t)$ eine einzelne wäre in einer ununterbrochenen Folge von gleichen oder (für den Fall, dass die Entwickelung 1') benutzt wird) bis auf Zeichenwechsel gleichen Perioden. Wäre letzteres aber thatsächlich der Fall, so wäre die betrachtete Störung in Q aufzufassen als zusammengesetzt aus den schon früher erwähnten, jetzt aber als sich unbeschränkt in der Zeit, und nicht nur während des Zeitintervalles o—T, fortsetzend zu denkenden harmonischen Elementarstörungen.

Den Strahlungsvorgang in P werden wir mithin für das etwa von $t = t_P$ bis $t = t_P + T$ reichende Zeitintervall, währenddessen die von $t = 0$ bis $t = T$ aus Q hinausgesandte Störung hierher anlangt, ohne merklichen Fehler kennen lernen, wenn wir zuerst die elementaren Strahlungsvorgänge berechnen, welche in demselben Zeitintervall daselbst stattfinden würden unter dem Einfluss der einzelnen harmonischen, den Gliedern der Fourierschen Reihe entsprechenden Elementarstörungen in der Quelle, die als unbeschränkt in der Zeit sich fortsetzend angenommen werden können — und wenn wir nachher sämtliche so erhaltenen Strahlungsvorgänge superponiert denken.

So gelingt es uns also, das Studium der Ausbreitung einer während eines beschränkten, aber nicht allzukurzen Zeitintervalles in der Quelle Q stattfindenden Störung von ganz beliebiger Beschaffenheit zurückzuführen auf das Studium der Ausbreitung von in ununterbrochener Zeitfolge vor sich gehenden, harmonischen Störungen. Auf letztere aber sind die bekannten Theorien der Optik über Brechung, Spiegelung, Interferenz und Beugung ohne weiteres anwendbar[1]).

---

1) Ich möchte hier sogleich auf folgendes einigen Nachdruck legen. Wenn es sich bloss handelt um eine Beugungstheorie für Impulse der von Herrn Sommerfeld behandelten Art, ist unzweifelbar der von diesem Forscher in seiner zweiten Mitteilung (d. Zeitschr. **2**, 55, 1900) eingeschlagene direkte Weg dem der Fourierschen Entwickelung weit vorzuziehen. Stellt man sich also, wie Herr Sommerfeld, die Aufgabe, zu untersuchen, ob die thatsächlich beobachteten Beugungserscheinungen mit der Impulshypothese verträglich sind, so empfiehlt sich der direkte Weg als der beste. Wenn ich bei dem Problem der Beugung der Röntgenstrahlen zu der Fourierschen Zerlegung greife (vergl. Wied. Ann. **68**, 896, 1899 und meinen Vortrag in der Aachener Naturforscherversammlung), geschieht dies denn auch nicht gerade in der Absicht, eine Beugungstheorie des Impulses zu entwickeln, sondern vielmehr, um den Wert der beobachteten Beugungserscheinungen für die Entscheidung zwischen den über die Natur der Erregungen in der Quelle aufzustellenden Hypothesen auf sein richtiges Maass zurückzuführen. Und da erweist sich eben die Fouriersche Entwickelung, welche uns ermöglicht, die Erregungen von jeder Art, darunter auch die Sommerfeldschen Impulse, von einem gemeinsamen Gesichtspunkte aus zu betrachten, als sehr zweckmässig.

Herr Sommerfeld findet (l. c.) zu der Aufstellung einer besonderen Beugungstheorie für die Impulse einen Grund nicht nur in der nichtperiodischen Natur dieser Vorgänge, sondern auch darin, dass die Grundlagen von Kirchhoffs Behandlung des Beugungsproblems nicht unanfechtbar sind. Obgleich nun Herrn Sommerfeld unbedingt zugegeben werden muss, dass jene Grundlagen eine schwache Stelle aufweisen, welche uns verbietet, in dieser Theorie mehr zu sehen als eine Annäherung, deren Genauigkeitsgrad von vornherein nicht angegeben werden kann, so ist der darin enthaltenen Schwierigkeit, namentlich für den uns hier interessierenden Fall, nicht ein allzu grosses Gewicht beizulegen, wie ich hoffentlich seiner Zeit auseinanderzusetzen Gelegenheit finden werde. Die von Herrn Sommerfeld entwickelte Beugungstheorie ist als von Haus aus mathematisch exakt zu bezeichnen; sie ist äusserst wertvoll und verdient alle Beachtung; leider bietet auch sie bei den wirklich realisierbaren Versuchsanordnungen nicht mehr als eine Annäherung dar und ist sie ausserdem nur für den Fall der Beugung an einer Halbebene ganz ausgearbeitet. Durch letzteren Umstand bleiben wir bis auf weiteres für unser Beugungsproblem des Spaltes doch noch auf die Kirchhoffsche Behandlungsweise angewiesen, wie denn auch Herr Sommerfeld, in seiner zweiten Mitteilung, dieses Beugungsproblem des Spaltes unter Benutzung des Huygensschen Prinzips, nach Kirchhoffs Formulierung, ausarbeitet, nachdem er freilich nachgewiesen hat, dass in dem Falle der Beugung einer Strahlung von kurzer Wellenlänge an einer Halbebene die Anwendung dieses Prinzips, trotz der Bedenken, welche sich dagegen von mathematischer Seite erheben lassen, zu Resultaten führt, welche praktisch gleichwertig sind mit denjenigen seiner eigenen, mathematisch exakteren Behandlungsweise.

4. Berücksichtigung des Beobachtungsapparates.

Wenn unsere Experimente auf eine Schätzung oder Messung der Zustandsgrössen selber, in ihrem zeitlichen Verlauf, zielten, so wäre mit dem Obigen die allgemeine Diskussion unseres Problems, der Hauptsache nach, erschöpft.

Mit Ausnahme der zu exakten optischen Forschungen kaum zu verwendenden Qualitätsschätzungen mittels unseres Farbensinnes, deren wir hier nicht weiter zu gedenken brauchen, sind es aber Abschätzungen oder Messungen von Energiedichten oder -Mengen in ihrer Abhängigkeit von Ort und Zeit, in denen der Strahlungsvorgang sich unserem Experimente zugänglich zeigt.

Strenge genommen sind es nur in wenigen Fällen noch die Energiedichten und -Mengen selber, welche zur Beobachtung gelangen, da der Beobachtungsapparat nur selten für alle Arten der Strahlungsenergie gleich empfindlich ist. So ist weder die Intensität des Fluorescenzlichtes eines unter dem Einfluss der Strahlung aufleuchtenden fluorescierenden Schirmes, noch die Lichtempfindung des Auges, noch endlich die Intensität des nach der Bestrahlung auf eine photographische Platte hervorgerufenen Bildes ein einfaches Maass für die herangeführte Energiemenge, da all diese Erscheinungen unter dem Einfluss von Strahlungen, welche pro Zeiteinheit und pro Flächeneinheit gleiche Energiemengen heranführen, sehr verschieden stark ausfallen können, je nach der Qualität der Strahlung; nur bei der bolometrischen Beobachtung dürften die Verhältnisse in dieser Beziehung erheblich günstiger sein. In bei weitem den meisten Fällen aber sind die Gesetze des Zusammenhanges zwischen den Anweisungen des Beobachtungsapparates und dem Energiegehalt der Strahlung garnicht vollständig bekannt. Um aber die Diskussion weiter fortführen zu können, wollen wir vorläufig (vgl. S. 194) voraussetzen, dass unsere Beobachtungsmethode ein richtiges Maass der herangeführten Strahlungsenergie giebt, unabhängig von deren Qualität.

Dann sind es offenbar immer nur gewisse Flächenmittel der herangeführten Strahlungsenergie, welche zur Beobachtung gelangen, ein Umstand, auf den später noch Rücksicht zu nehmen ist.

Des weiteren messen oder schätzen wir dann immer entweder Zeitmittel der herangeführten Strahlungsenergie (z. B. im Falle der Beobachtung mit nacktem oder bewaffnetem Auge oder mit dem Bolometer) oder Totalmengen der während eines gewissen Zeitintervalles herangeführten Energie (z. B. im Fall des Registrierens mittels einer photographischen Platte). Bei der direkten oder indirekten Abschätzung mit dem Auge ist die Zeit, über die der zu beobachtende Mittelwert sich erstreckt, wenigstens so gross wie das grösste Zeitintervall, welches zwischen zwei optischen Erscheinungen verlaufen kann, ohne dass unser Auge dieselben als zeitlich getrennt erkennt — sagen wir von der Grössenordnung von 0.1 sec. z. B. Bei der photographischen Aufnahme ist die Expositionszeit die Dauer des Intervalles, während dessen die Totalenergie, welche zur Messung kommt, angehäuft wird. In all diesen Fällen, wie auch in dem der bolometrischen Ausmessung und in manchen anderen, kommt also nur in Betracht die Totalenergie oder das Zeitmittel der Energie, welche während eines Zeitintervalles von dem nicht unerheblichen Betrag Θ in dem betrachteten Punkte, im Mittel pro Flächeneinheit etwa durch die Strahlung herangeführt wird. Wenn nun bei der vorauszusetzenden Beobachtungsmethode die Dauer dieses Intervalles Θ nur noch grösser ist als die des früher von uns angenommenen Intervalles T, so kann bei der Strahlung, auf die sich unsere Betrachtungen beziehen, für jeden Punkt P nur der Gesamtbetrag der während des Zeitintervalles von $t = t_P$ bis $t = t_P + T$ aus Q herangeführten Strahlungsenergie, und nicht die Art der Verteilung derselben über dieses Zeitintervall, uns interessieren.

Wir wollen für die weiteren Ausführungen ein- für allemal das Zeitintervall T kleiner als Θ annehmen; die obere Grenze, welche dadurch dem Werte von T gesetzt wird, ist ganz gut verträglich mit der schon früher (S. 190) vorausgesetzten unteren Grenze, dargestellt durch die Bedingung, dass T sehr gross sein muss gegen die grösste Differenz der Lichtzeiten in dem von der Strahlung zu durchsetzenden Apparate; ist z. B. die grösste Wegdifferenz in letzterem 1 m, so ist die derselben entsprechende Lichtzeitendifferenz nur noch $\frac{1}{3} \cdot 10^{-8}$ sec.

5. Die Intensität des zur Beobachtung gelangenden Phänomens.

Einen Ausdruck für obigen Gesamtbetrag der Energie im Punkte P während der Zeit $t = t_P$ bis $t = t_P + T$ gewinnt man folgenderweise.

Die Theorie der Fortpflanzung einer harmonischen Gleichgewichtsstörung, durch den gegebenen Apparat hindurch, ergebe für den Verlauf der x-Komponente der charakteristischen Vektorgrösse im Punkte P, soweit sie der n^{ten} Elementarstörung der Fourierschen Zerlegung entspricht,

$$\omega_{n.x} \left\{ A_n \sin \left[n \frac{2\pi\,(t - t_P)}{T} + \chi_{nx} \right] + B_n \cos \left[n \frac{2\pi\,(t - t_P)}{T} + \chi_{n.x} \right] \right\}, \qquad 5)$$

beziehungsweise

$$\omega_{n.x}\, \alpha_n \sin \left[n \frac{\pi\,(t - t_P)}{T} + \chi_{nx} \right], \qquad 5')$$

wo ω_{nx} und χ_{nx} Funktionen von n sind, deren Form von der Lage des Punktes P und der Zusammensetzung des von der Strahlung zu durchsetzenden Apparates abhängig ist. Wir müssen diesen Ausdruck summieren über alle ganzen positiven Werte von x um den für den zeitlichen Verlauf der x-Komponente des Zustandsvektors in P zu erhalten; die Summe haben wir aber zu quadrieren und mit einer gewissen Konstanten C zu multiplizieren, um die Grösse der Energieströmung im Punkte P in ihrem zeitlichen Verlauf zu erhalten. Multiplizieren wir dann noch mit dt, so giebt Integration zwischen den Grenzen $t = t_P$ und $t = t_P + T$ und schliesslich Summierung über die x-, y- und z-Komponente des Zustandsvektors den gewünschten Gesamtbetrag. Letzterer wird also die Summe von drei Grössen, wie:

$$E_x = \int_{t_P}^{t_P+T} C \left[\sum_{n=1}^{n=\infty} \omega_{nx} \left\{ A_n \sin\left(2n\pi \frac{t-t_P}{T} + \chi_{nx}\right) \right.\right.$$

$$6) \qquad \left.\left. + B_n \cos\left(2n\pi \frac{t-t_P}{T} + \chi_{nx}\right)\right\}\right]^2 dt,$$

beziehungsweise:

$$E_x = \int_{t_P}^{t_P+T} C \left[\sum_{n=1}^{n=\infty} \omega_{nx} \alpha_{xn} \times \right.$$

$$6') \qquad \left. \times \sin\left(n\pi \frac{t-t_P}{T} + \chi_{nx}\right)\right]^2 dt,$$

welche sich offenbar vereinfachen[1]) zu

$$7) \qquad E_x = \frac{CT}{2} \sum_{n=1}^{n=\infty} \omega_{nx}^2 \left(A_n^2 + B_n^2\right),$$

beziehungsweise:

$$E_x = \frac{CT}{2} \sum_{n=1}^{n=\infty} \omega_{nx} \alpha_n^2 \qquad 7')$$

Setzen wir Ω_n für $\omega_{nx}^2 + \omega_{ny}^2 + \omega_{nz}^2$ und dividieren durch T, so kommt als Ausdruck für den Mittelwert der während des betrachteten Intervalles auf die Flächeneinheit in P pro Zeiteinheit herangeführten Strahlungsenergie:

$$E = \frac{C}{2} \sum_{n=1}^{n=\infty} \Omega_n \left(A_n^2 + B_n^2\right), \qquad 8)$$

beziehungsweise:

$$E = \frac{C}{2} \sum_{n=1}^{n=\infty} \Omega_n \alpha_n^2, \qquad 8')$$

wo für die Funktion Ω das oben von ω_{nx} Gesagte gilt.

Die Intensität des in dem Punkte P zur direkten Beobachtung gelangenden Phänomens ist jetzt nach unserer Voraussetzung (S. 191) dem Ausdrucke 8), bezw. 8'), nachdem wir denselben eventuell mit T multipliziert haben (wenn es sich um eine photographische Aufnahme handelt) proportional zu setzen. Wo jene Voraussetzung nicht zutrifft, die Beobachtungsvorrichtung also für verschiedene Strahlengattungen verschieden empfindlich ist, wird diesem Umstande in manchen Fällen in genügender Weise dadurch Rechnung getragen werden können, dass man in den obigen Gleichungen die Konstante C ersetzt durch einen von n abhängigen Faktor γ_n, welcher als Mass der Empfindlichkeit der Vorrichtung, den einzelnen Strahlengattungen gegenüber, dienen kann. Jene frühere Voraussetzung wollen wir daher jetzt dahin erweitern, dass wir eine Beobachtungsmethode voraussetzen, bei der wenigstens das soeben Gesagte zutrifft. Es wird dann die zur Ausmessung der Strahlungsverteilung zu beobachtende Intensität B im Punkte P durch eine Gleichung

$$9) \qquad B = \sum_{n=1}^{n=\infty} \gamma_n \Omega_n \left(A_n^2 + B_n^2\right),$$

beziehungsweise

$$9') \qquad B = \sum_{n=1}^{n=\infty} \gamma_n \Omega_n \alpha_n^2,$$

wo noch die rechte Seite eventuell mit T zu multiplizieren ist, dargestellt werden.

Wir wollen hier noch sogleich die Voraussetzung einführen, dass die Beobachtungsvorrichtung nicht gegen Strahlung von grosser Wellenlänge empfindlich ist, dass also γ_n für

---

1) Dass nach der Entwickelung des Quadrats auf der rechten Seite von 6) nur die Glieder mit $\sin^2$ und $\cos^2$ bei der Integration nicht verschwinden und die rechte Seite von 7) ergeben, ist evident. Dass auch in dem Quadrate auf der rechten Seite von 6') die Glieder mit dem Produkte zweier Sinus nicht berücksichtigt zu werden brauchen, obgleich sie an sich nicht bei der Integration verschwinden, lässt sich folgenderweise zeigen. Nehmen wir eines jener Glieder,

$$\int_{t_P}^{t_P+T} C\, \omega_{nx} \omega_{mx} \alpha_n \alpha_m \sin\left(n\pi \frac{t-t_P}{T} + \chi_{nx}\right) \times$$

$$\times \sin\left(m\pi \frac{t-t_P}{T} + \chi_{mx}\right) dt;$$

dasselbe verschwindet für gerade Werte von $n + m$ und lässt sich für ungerade Werte von $n + m$ reduzieren auf

$$C\, T\, \omega_{nx} \omega_{mx} \alpha_n \alpha_m \left\{ \frac{\cos\left[(n+m)\frac{1}{2}\pi + \chi_{nx} + \chi_{mx}\right]}{\pi(n+m)} \right.$$

$$\left. -(-1)^{\frac{n-m-1}{2}} \frac{\cos\left[(n-m)\frac{1}{2}\pi + \chi_{nx} - \chi_{mx}\right]}{\pi(n-m)} \right\}.$$

Es ist also dieser Ausdruck zu summieren zuerst über alle geraden Werte von m, von 2 bis ∞, und nachher über alle Werte von n, von 1 bis ∞. Berücksichtigt man nun, dass die Funktionen ω und χ für Reihen von recht vielen aufeinanderfolgenden Werten von n sich nicht merklich ändern werden, die Argumente der $\cos$ daher bei konstantem n mit jedem folgenden Werte von m einfach um π abnehmen, bezw. zunehmen, und der ganze Ausdruck also dabei bei gleichbleibendem numerischen Werte nur das Zeichen wechselt, so wird ersichtlich, dass dieser Ausdruck bei der Summation so gut wie vollständig verschwinden muss.

die kleinen Werte von n vollständig verschwindet (für die Werte von $n < 10^{11}$ z. B. — es wären dann nur die „groben" elektrischen Schwingungen ausgeschlossen).

Aus der Form der Ausdrücke 9) und 9') geht hervor, dass nicht nur, wenn es sich um die Berechnung der gewissen homogenen linearen Grundgleichungen genügenden Zustandsgrössen handelt, sondern auch noch, wo wir die zur Beobachtung gelangende Energieverteilung im Felde zu berechnen wünschen, wir ganz richtig verfahren, wenn wir für jeden Punkt uns die durch die einzelnen Glieder der Fourierschen Reihe dargestellten harmonischen Elementarstörungen als unabhängig nebeneinander vor sich gehend und unbeschränkt in der Zeit sich fortsetzend denken. Auch die Intensität des thatsächlich zu beobachtenden Phänomens ergiebt sich — immer unter der in Bezug auf die Dauer von T früher gemachten Voraussetzung — einfach als die Summe der den einzelnen Elementarstörungen entsprechenden Intensitäten[1]).

Es wird Ω mit Hilfe der gewöhnlichen, auf einfache Schwingungen bezüglichen optischen Theorien ermittelt werden müssen aus der Lage der Beobachtungsebene und des Punktes P in derselben, sowie aus der Zusammensetzung und den Konstanten des optischen Apparates, welchen die Strahlung auf ihrem Wege von Q nach P zu durchsetzen hat.

Ebensowenig wie γ_n ist also auch Ω_n von der Natur der Erregung in der Quelle abhängig, und es äussert sich diese daher nur in dem dritten Faktor $A_n^2 + B_n^2$, resp. α_n^2, der Summanden.

Über die Form der Funktion Ω_n wollen wir hier keine besondere Voraussetzung machen. Nur möge die Bedeutung derselben durch folgende Bemerkung noch etwas erläutert werden.

Wenn es sich um die spektrale Zerlegung der gegebenen Strahlung handelt, so wird eine weitgehende Dispersion und Auflösung dadurch bedingt, dass erstens für jeden bestimmten Wert von n der Faktor Ω_n nur über eine kleine Strecke oder über einen schmalen Streifen in der Beobachtungsebene erhebliche Werte annimmt und dass zweitens die auf benachbarte Werte von n bezüglichen Gebiete der endlichen Ω_n-Werte in dieser Ebene verhältnismässig weit voneinander entfernt sind.

Besitzen die Koeffizienten A_n, B_n, bezw. α_n, in bestimmten Teilen der Fourierschen Reihe stark hervortretende Werte, so wird bei Anwendung eines Apparates von genügend grosser auflösender Kraft ein Banden-, zuweilen sogar ein Linienspektrum erhalten werden. Nun könnte man einen Augenblick glauben, man müsste mittels eines Spektralapparates von genügender auflösender Kraft jede beliebige Strahlung in ein Spektrum zerlegen können, welches zusammengesetzt wäre aus den den einzelnen Gliedern der Reihe entsprechenden Linien. Dass dem nicht so sein kann, geht schon daraus hervor, dass alsdann die Wellenlängen jener Linien ebenso unbestimmt sein würden, wie die Dauer des Intervalles T, welche wir ja bei gegebener Erregung noch — wenn auch innerhalb gewisser Grenzen — beliebig auswählen können. Der

1) Zur Erläuterung möge das Folgende dienen:

Es sei in der Quelle eine beliebige Erregung gegeben, welche nur ganz kurz, 10^{-6} sec. z. B., anhält. — Wir wählen nun ein gewisses diese Erregung einschliessendes Zeitintervall T von der Dauer 10^{-2} sec. z. B. und erhalten durch die Entwickelung 1) oder 1') eine Fouriersche Reihe. Denken wir uns jetzt die durch die einzelnen Glieder der Reihe vorgestellten Elementarstörungen als stetig sich fortsetzend und sich unabhängig voneinander in den Raum ausbreitend. Die Zusammensetzung dieser Elementarstörungen ergiebt dann einen sich mit der Periode T (bezw. $2T$) wiederholenden Strahlungsvorgang, indem die gegebene Störung ausschliesslich innerhalb des Intervalles T stattfindet; dies ist aber ganz unbedenklich, da von Haus aus nur behauptet wird, dass während des Intervalles T Identität zwischen der gegebenen Strahlung und der Superposition jener Elementarstrahlungen — und solches noch unter gewissen Beschränkungen (vergl. § 3) — besteht. Und wenn wir, für irgend eine Stelle des Feldes und für irgend einen Zeitpunkt innerhalb jenes Intervalles, aus der Zusammensetzung der Elementarstrahlungen die Zustandsgrössen berechnen, so wird ganz richtig herauskommen, dass (praktisch) nur während eines kleinen Zeitteiles, von der Grössenordnung von 10^{-6} sec., dieselben nicht fortwährend verschwinden. — Bei jeder Elementarstrahlung würde aber zu denjenigen Zeitpunkten, wo die ebengedachten Zustandsgrössen durch die Superposition verschwänden, die Energiezufuhr durchschnittlich gleiche Werte aufweisen wie in demjenigen Zeitteile, wo thatsächlich eine Strahlung in dem betrachteten Punkte auftritt. Die Anwendung der Superposition auf die Energiemengen, nach der im Texte abgeleiteten Regel, würde also eine gleichmässige Verteilung der Energiezufuhr über das ganze Intervall T ergeben, ganz abweichend von den thatsächlichen Verhältnissen; unsere Regel sagt aber keineswegs aus, dass diese gleichmässige Verteilung über das ganze Intervall thatsächlich stattfinden sollte, sondern nur dass die wahre totale, oder auch mittlere, Energiezufuhr während des Intervalles den gleichen Wert hat, den sie haben würde, wenn die erwähnte gleichmässige Verteilung die wahre wäre.

Haben wir nun in dieser Weise die mittlere Energiezufuhr berechnet, so können wir — allerdings unter der Annahme, dass das bekannte Talbotsche Gesetz über die Summierung der Gesichtseindrücke ganz richtig ist — behaupten, dass unser Auge an der betrachteten Stelle den gleichen Eindruck bekommen wird infolge der gegebenen Störung, wie wenn es während des Zeitintervalles T eine gleichmässige Energiezufuhr von der berechneten Stärke und Beschaffenheit, ausserhalb dieses Intervalles aber überhaupt keine Energiezufuhr, empfände. Und dieses genügt — da wir die Dauer des Intervalles T genügend klein gewählt haben — vollständig zur Bestimmung des zu erwartenden Eindrucks. Hätten wir hingegen ein Intervall von der Dauer von 1 sec. z. B. gewählt, so würde die aus den Gliedern der entsprechenden Fourierschen Reihe zu berechnende gleichmässige Verteilung der Energiezufuhr über das Intervall zwar noch den richtigen Totalbetrag liefern; wir könnten dann aber nicht in obiger Weise den zu erwartenden Gesichtseindruck bestimmen.

Wird die hier vorausgesetzte Strahlung photographisch aufgenommen, so ist es wieder ganz gleichgültig, welche Dauer man für das Intervall T nimmt, wenn man dasselbe nur ganz innerhalb der thatsächlichen Expositionszeit fallen lässt — dieses allerdings nur unter der Voraussetzung, dass für die photographische Platte auch das einfache Summationsgesetz der Eindrücke zutrifft.

Grund aber, weshalb die erwähnte Auflösung nicht als möglich erwartet werden darf, ist folgender: Nennen wir Auflösungsvermögen des Apparates den Wert, welchen das Verhältnis $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ zwischen der Wellenlänge zweier benachbarter Strahlungsgattungen und der Wellenlängendifferenz derselben annimmt, wenn die Strahlungsgattungen mit Hilfe des Apparates eben noch nebeneinander erkannt werden können, so wäre für die Auflösung der den einzelnen Gliedern der Fourierschen Reihe entsprechenden Strahlungen ein Auflösungsvermögen gleich n notwendig, weil die Periodenwerte zweier auffolgender Glieder der Reihe unter sich um $\frac{1}{n}$ ihres Betrages differieren. Nun ist die auflösende Kraft eines Spektralapparates bekanntlich von der Grössenordnung der Anzahl der Schwingungsperioden, welche in der grössten Lichtzeitendifferenz begriffen sind, die bei der spektralen Zerlegung eine Rolle spielt. Da aber die Periode des n^{ten} Gliedes der Reihe $\frac{T}{n}$, bezw. $\frac{2T}{n}$ ist, müsste also — sollte die erwähnte Auflösung erhalten werden können — ein Apparat benutzt werden, wo die grösste Lichtzeitendifferenz von der Grössenordnung von T wäre. Dadurch würde aber unsere oben entwickelte Theorie ihre Anwendbarkeit auf den Apparat verlieren, da eine wesentliche Grundlage jener Theorie in der Bedingung besteht, dass die betreffende Lichtzeitendifferenz sehr klein ist gegen T. Es könnte daher auch in Bezug auf die Wirkungsweise eines solchen Apparates gar kein Schluss aus jener Theorie gezogen werden.

Nach dem eben Gesagten wird durch die Anwendbarkeit unserer Theorie eine wesentliche Beschränkung des Auflösungsvermögens des benutzten Apparates mitbedingt, und zwar kann letzteres, wenn die grösste Lichtzeitendifferenz des Apparates $\frac{T}{p}$ beträgt, höchstens von der Grössenordnung von $\frac{n}{p}$ sein, wo p immer eine grosse Zahl ist. Daraus geht aber hervor, dass die Funktion Ω_n in jedem beliebigen Punkte P für mindestens p konsekutive Werte von n sehr nahe gleiche Werte besitzen muss. Da dasselbe jedenfalls auch für γ_n zutreffen wird, folgt dann, dass in den Ausdrücken 9) und 9') in jeden Summand für die Faktoren γ_n, Ω_n und $A_n^2 + B_n^2$, bezw. α_n^2, je das arithmetische Mittel von mindestens p aufeinanderfolgenden Werten dieser Faktoren eingesetzt werden kann. Deutet man jenes arithmetische Mittel durch einen Strich über dem Symbol der Grössen an, so wird man die ganzen Ausdrücke ersetzen können durch

$$B = \int_1^\infty \bar{\gamma}_n \, \bar{\Omega}_n \, \overline{(A_n^2 + B_n^2)} \, dn, \qquad 10)$$

beziehungsweise

$$B = \int_1^\infty \bar{\gamma}_n \, \bar{\Omega}_n \, \overline{\alpha_n^2} \, dn; \qquad 10')$$

darin kann dann noch, wegen unserer Voraussetzung in Bezug auf das Verschwinden von γ für die kleineren Werte von n, die untere Integrationsgrenze 1 ohne Schaden ersetzt werden durch eine, jedenfalls grosse, Zahl n_0, welche z. B. mindestens von der Grössenordnung von $10^{11}\,T$ (vgl. S. 193) angenommen werden darf.

6. Allgemeines Resultat.

Das praktische Resultat der obigen Untersuchung über die Anwendung der Fourierschen Reihenentwickelung auf die Theorie der Ausbreitung beliebiger in der Quelle Q erregter Gleichgewichtsstörungen in den umgebenden Äther können wir jetzt folgenderweise zusammenfassen.

Wollen wir in einem Punkte P des Feldes die Strahlungserscheinung zu einer gegebenen Zeit t_P berechnen, so haben wir vorerst aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und dem von der Strahlung einzuschlagenden Wege den ungefähren Zeitpunkt t_0 zu berechnen, zu welchem die betreffende Strahlung aus Q ausgesandt wurde. Sodann haben wir ein Zeitintervall T zu wählen, in welchem dieser Zeitpunkt t_0 ungefähr in der Mitte liegt und dessen Dauer den grössten Wert hat, welcher noch der Bedingung genügt, dass es mit dem gegebenen Beobachtungsapparat nicht gelingt, Erscheinungen, die sich in kleineren Zeitintervallen folgen, voneinander zu trennen. Nachdem diese Wahl des Zeitintervalles T getroffen ist, nehmen wir die Fouriersche Reihenentwickelung vor für den während jenes Intervalles in Q stattfindenden und hier als gegeben vorausgesetzten Störungsvorgang und berechnen, soweit es Werte von n gilt, für die unser Beobachtungsapparat nicht unempfindlich ist, den über je $\frac{n}{p}$ aufeinanderfolgende Werte von n zu erstreckenden Mittelwert von $A_n^2 + B_n^2$, bezw. α_n^2, in seiner Abhängigkeit von n. Die Kurve, welche diese Abhängigkeit darstellt und

$$I = \overline{A_n^2 + B_n^2}, \qquad 11)$$

bezw.

$$I = \overline{\alpha_n^2}, \qquad 11')$$

zur Gleichung hat, nennen wir die Energiekurve der Quelle für den Zeitpunkt t_0.

Diese Energiekurve ist das einzig Maassgebende für den Einfluss der in Q stattfindenden Erregung auf die in P zur Zeit t_P zur Beobachtung gelangende Erscheinung.

Um diese Erscheinung jetzt mittels der Gleichung 10), bezw. 10') ganz vorhersagen zu können, müssen wir auch noch Ω_n und γ_n in ihrer Abhängigkeit von n kennen. Davon lässt sich Ω_n nach den gewöhnlichen Theorien der Optik für die Fortpflanzung einfacher Sinusschwingungen im Äther herleiten.

Der soeben hervorgehobenen Beschränkung in Bezug auf den Einfluss des Erregungsvorgangs in der Quelle steht die folgende zur Seite.

Es ist uns, abgesehen sogar von der teilweisen Unbestimmtheit des Empfindlichkeitskoeffizienten γ_n, auch bei sorgfältigster Beobachtung der Strahlungsverteilung im Felde nicht möglich, aus derselben die genaue Form der Erregung in der Quelle, d. h. die einzelnen Koeffizienten der Fourierschen Reihe, zu ermitteln; wir können höchstens auf Grund derselben eine Energiekurve konstruieren, welche die Mittelwerte aus je einer sehr grossen Anzahl von aufeinanderfolgenden Amplitudenquadraten der Glieder der Fourierschen Reihe darstellt. Die Anzahl der Amplitudenquadrate, welche in jedem Mittelwerte mitspielen, wird zwar kleiner sein, je grösser das Auflösungsvermögen des benutzten Apparates ist, bleibt aber immerhin sehr gross wegen der prinzipiellen Beschränkung, welcher dieses Vermögen notwendig unterliegt, falls die Fouriersche Entwickelung überhaupt anwendbar bleiben soll.

Die Anwendung des hier zusammengefassten Resultates unserer Betrachtungen auf das Problem der Beugung der Röntgenstrahlen wird alsbald in dieser Zeitschrift mitgeteilt werden.

Groningen, November 1900.

(Eingegangen 29. November 1900.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Beziehungen zwischen der experimentellen und der mathematischen Physik.

Von H. Poincaré.

(Schluss.)

Die Physik und der Mechanismus.

Die Mehrzahl der Theoretiker hat eine konstante Vorliebe für die Entwicklungen, die der Dynamik oder der Mechanik entlehnt sind. Die Einen wären zufrieden, wenn sie sich von allen Erscheinungen durch Bewegungen von Molekülen Rechenschaft geben könnten, die einander nach bestimmten Gesetzen anziehen. Die Andern sind anspruchsvoller; sie möchten gerne die Fernewirkungen wegschaffen; ihre Moleküle verfolgen geradlinige Bahnen, von denen sie nur durch Stösse abgelenkt werden können. Noch Andere, wie Hertz, unterdrücken auch die Kräfte, aber sie nehmen an, dass ihre Moleküle geometrischen Verbindungen unterworfen sind, analog beispielsweise denjenigen unserer Gliedmassen; sie wollen so die Dynamik auf eine Art von Kinematik zurückführen.

Kurz, alle wollen die Natur in eine gewisse Form zwängen, ausserhalb deren ihr Geist keine Befriedigung finden kann. Ist nun die Natur hierzu willig genug?

Ich habe mir diese Frage schon in dem Vorworte meines Werkes „Elektrizität und Optik" vorgelegt. In allen Fällen, wo die Prinzipien der Energie und der kleinsten Wirkung ausreichen, giebt es, wie ich gezeigt habe, nicht nur stets eine mögliche mechanische Deutung, sondern es giebt ihrer immer eine unbegrenzte Anzahl. Mit Hilfe eines wohlbekannten Satzes von Herrn Königs über die Gliedmassen könnte man z. B. zeigen, dass man alles auf unendlich viele Arten durch Verbindungen im Sinne von Hertz oder auch durch zentrale Kräfte darstellen könnte. Man würde zweifellos ebenso leicht zeigen können, dass sich stets alles durch einfache Stösse erklären lässt.

Hierzu darf man sich, wohl verstanden, nicht mit der gewöhnlichen Materie zufrieden geben, derjenigen, welche uns ins Auge fällt und deren Bewegungen wir direkt beobachten. Man wird vielmehr annehmen, dass diese gewöhnliche Materie aus Atomen zusammengesetzt ist, deren innerliche Bewegungen uns entgehen, während nur die Ortsveränderungen des Ganzen unseren Sinnen zugänglich bleibt. Oder man wird sich einige jener feinen Fluida vorstellen, welche unter dem Namen Äther oder irgend einem anderen jederzeit eine so grosse Rolle in den physikalischen Theorien gespielt haben.

Oft geht man noch weiter und betrachtet den Äther als die einzige Urmaterie oder überhaupt als die wirkliche Materie. Die Gemässigtesten betrachten die gewöhnliche Materie als verdichteten Äther, was nichts Auffälliges hat, aber Andere nehmen ihr auch diese Bedeutung und sehen in ihr nur noch geometrische Orte von ausgezeichneten Punkten des Äthers. Nach Lord Kelvin beispielsweise ist das, was wir

Materie nennen, nur der Ort der Punkte, in denen der Äther in Wirbelbewegung begriffen ist; nach Riemann ist es der Ort der Punkte, in denen der Äther dauernd zerstört wird; nach andern, neueren Autoren, Wiechert und Larmor ist sie der Ort der Punkte, wo der Äther einer ganz besonderen Art von Torsion unterworfen ist. Wenn man sich auf einen dieser Standpunkte stellen will, so frage ich mich, mit welchem Rechte man auf den Äther, unter dem Vorwande, dass er die wahre Materie ist, die mechanischen Eigenschaften übertragen will, die man an der gewöhnlichen Materie beobachtet hat, die doch nur die falsche Materie ist.

Die alten Fluida Wärme, Elektrizität etc. wurden verworfen, als man bemerkte, dass die Wärme nicht unzerstörbar ist. Aber sie wurden es auch aus einem andern Grunde. Indem man sie verstofflichte, betonte man, wenn ich so sagen soll, ihre Individualität, man grub zwischen ihnen eine Art von Abgrund. Man musste denselben ausfüllen, so bald man eine lebhaftere Empfindung von der Einheitlichkeit der Natur bekam, und so bald man die engen Beziehungen bemerkte, welche alle ihre Teile verknüpfen. Indem die alten Physiker die Fluida häuften, schufen sie nicht nur ohne Notwendigkeit neue Wesenheiten, sondern sie zerschnitten auch wirkliche Verbindungen.

Es genügt nicht, dass eine Theorie keine falschen Beziehungen behauptet, sie darf auch keine verheimlichen.

Und unser Äther, hat er in der That Wesenheit?

Es ist bekannt, woher wir zu dem Glauben an den Äther kommen. Während das Licht von einem fernen Sterne mehrere Jahre braucht, um zu uns zu gelangen, ist es nicht mehr auf dem Sterne und auch nicht auf der Erde; es muss sich aber doch irgendwo befinden und sozusagen in einem materiellen Behälter aufbewahrt werden.

Man kann denselben Gedanken unter einer mehr mathematischen, mehr abstrakten Form ausdrücken. Was wir konstatieren, sind Änderungen, die durch die materiellen Moleküle hervorgebracht werden; wir sehen z. B. dass die photographische Platte infolge von Erscheinungen beeinflusst wird, deren Schauplatz die Leuchtmasse eines Sternes mehrere Jahre zuvor gewesen ist. In der gewöhnlichen Mechanik aber hängt der Zustand des untersuchten Systems nur von seinem unmittelbar vorangegangenen Zustande ab; das System genügt also Differentialgleichungen. Wenn wir nun nicht an den Äther glaubten, so würde der Zustand des materiellen Weltalls nicht nur von dem unmittelbar vorhergehenden, sondern auch von längst vergangenen Zuständen abhängen, das System würde Gleichungen mit endlichen Differenzen genügen. Um diesen Abweichungen von den allgemeinen Gesetzen der Mechanik zu entrinnen, haben wir den Äther erfunden.

Das würde uns erst verpflichten, den interplanetaren Raum mit dem Äther auszufüllen, aber nicht, denselben auch in das Innere der materiellen Medien selbst dringen zu lassen. Das Experiment Fizeau's geht weiter. Durch die Interferenz von Strahlen, die bewegte Luft oder bewegtes Wasser durchsetzt haben, scheint es uns zwei verschiedene Medien zu zeigen, die einander durchdringen und die sich trotzdem relativ zu einander bewegen. Man glaubt den Äther geradezu mit dem Finger zu fühlen.

Man könnte indessen Experimente ersinnen, die ihn uns noch deutlicher fühlen lassen würden. Nehmen wir an, dass das Newtonsche Prinzip der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung nicht mehr wahr sei, wenn man es auf die Materie allein anwendet, und dass man sich daran mache, das nachzuweisen. Die geometrische Summe aller an allen Molekülen angreifenden Kräfte würde nicht mehr Null sein. Man müsste dann, wenn man nicht die ganze Mechanik ändern wollte, den Äther einführen, damit der Wirkung, welche die Materie auszuhalten schiene, durch die Gegenwirkung der Materie auf irgend etwas das Gleichgewicht gehalten würde.

Oder auch, ich nehme an, man wisse, dass die optischen und elektrischen Erscheinungen durch die Bewegung der Erde beeinflusst werden. Man würde zu dem Schlusse geführt, dass diese Erscheinungen nicht nur die relativen Bewegungen der materiellen Körper offenbaren, sondern auch etwas, wie ihre absoluten Bewegungen. Es müsste dann irgend einen Äther geben, damit diese sogenannten absoluten Bewegungen nicht ihre Ortveränderungen in Bezug auf den leeren Raum, sondern in Bezug auf irgend etwas Konkretes wären.

Wird man jemals dahin gelangen?

Ich trage mich nicht mit dieser Hoffnung und werde gleich sagen warum; trotzdem ist sie durchaus nicht so absurd, denn Andere haben sie gehegt.

Wenn beispielsweise die Theorie von Lorentz wahr wäre, so würde sich das Newtonsche Prinzip nicht auf die Materie allein beziehen lassen, und die Abweichung wäre nahezu von der Grössenordnung, dass sie dem Experimente zugänglich wäre.

Von anderer Seite hat man viele Untersuchungen über den Einfluss der Erdbewegungen gemacht. Die Ergebnisse waren immer negative. Aber wenn man diese Experimente unternahm, so geschah es, weil man ihrer von vorneherein nicht sicher war; selbst nach den herrschenden Theorien wäre der Ausgleich nur ein an-

genäherter und man kann erwarten, genauere Methoden positive Resultate geben zu sehen.

Ich glaube allerdings, dass eine solche Erwartung vergeblich ist; aber es wäre nichts verlockender, als zu zeigen, dass ein Erfolg dieser Art uns eine ganz neue Welt eröffnen würde.

Man muss mir hier eine Abschweifung gestatten. Ich muss auseinandersetzen, warum ich, trotz Lorentz, nicht glaube, dass genauere Beobachtungen jemals etwas Anderes als relative Ortsveränderungen der materiellen Körper offenbaren könnten. Man hat Versuche gemacht, welche über die Glieder erster Ordnung hätten entscheiden lassen müssen; die Ergebnisse waren negative; konnte das ein Zufall sein? Niemand hat einen solchen angenommen; man hat eine allgemeine Erklärung gesucht und Lorentz hat sie gefunden; er hat gezeigt, dass die Glieder erster Ordnung sich wegheben mussten, aber das war nicht der Fall mit denjenigen der zweiten. Dann hat man genauere Versuche gemacht; sie waren ebenfalls negativ; das konnte noch weniger ein Spiel des Zufalls sein; eine Erklärung fehlte; aber man fand wieder eine; man findet immer eine; Hypothesen sind ein Kapital, welches vom Allerwenigsten ausgeht.

Aber damit noch nicht genug; wer weiss nicht, dass man auch hier dem Zufall noch eine grosse Rolle überlassen muss? Würde nicht auch dieses merkwürdige Zusammentreffen ein Zufall sein, welcher bewirkt, dass ein gewisser Umstand gerade rechtzeitig eintritt, um die Glieder erster Ordnung aufzuheben, und dass ein anderer, vollständig verschiedener, aber ebenso gelegener Umstand es übernimmt, diejenigen der zweiten Ordnung wegzuschaffen? Nein, man muss für beide dieselbe Erklärung suchen, und da drängt uns alles zu der Annahme, dass diese Erklärung ebenso für die Ausdrücke höherer Ordnung gilt, und dass die gegenseitige Aufhebung dieser Glieder streng und vollständig ist.

Gegenwärtiger Stand der Wissenschaft.

In der Geschichte der Physik lassen sich zweierlei entgegengesetzte Entwickelungstendenzen unterscheiden. Auf der einen Seite entdeckt man jeder Zeit neue Beziehungen zwischen den Gegenständen, welche alle Zeit getrennt bleiben zu müssen schienen; die getrennten Thatsachen hören auf, einander fremd zu sein; sie streben danach, sich zu einem mächtigen Ganzen zusammen zu ordnen. Die Wissenschaft schreitet zur Einheit und Einfachheit fort.

Auf der andern Seite enthüllt uns die Beobachtung tagtäglich neue Erscheinungen; sie müssen lange warten bis ihnen ihr Platz angewiesen wird, und zuweilen muss man, um das zu thun, eine Ecke des Gebäudes wieder zusammenreissen. Selbst bei den bekannten Erscheinungen, wo uns unsere groben Sinne Einheitlichkeit zeigten, bemerken wir von Tag zu Tag mannigfaltigere Einzelheiten; was wir für einfach hielten, wird wieder verwickelt, und die Wissenschaft scheint zur Mannigfaltigkeit und Kompliziertheit zurückzustreben.

Welcher von diesen beiden entgegengesetzten Neigungen, die abwechselnd triumphieren, wird schliesslich der Sieg zufallen? Wenn es die erstere ist, so ist die Wissenschaft möglich, aber nichts beweist das a priori, und man kann fürchten, nach vergeblichen Anstrengungen, die Natur, ihr zum Trotze, unter unser Ideal der Einheit zu zwingen, überflutet von den Strom neuer auf uns einströmender Schätze, darauf zurückkommen zu müssen, sie zu klassifizieren, unser Ideal zu verlassen und die Wissenschaft auf eine Registrierung unzähliger Rezepte zu beschränken.

Auf diese Frage können wir nicht antworten. Alles was wir thun können ist, die Wissenschaft von heute zu betrachten und sie mit derjenigen von gestern zu vergleichen. Aus einer solchen Prüfung würden wir zweifellos einige Vermutungen für die Zukunft gewinnen.

Es ist ein halbes Jahrhundert her, da hatte man die grössten Hoffnungen gefasst. Die Entdeckung der Erhaltung der Energie und ihrer Wandlungen hatte gerade die Einheitlichkeit der Kraft offenbart. Sie zeigte z. B., dass die Erscheinungen der Wellen durch molekulare Bewegungen erklärt werden konnten. Welches die Natur dieser Bewegungen sei, wusste niemand so recht, aber man zweifelte nicht, dass man es bald wissen würde. Für das Licht schien die Aufgabe vollständig gelöst. Was die Elektrizität anbetrifft, so war man da noch weniger weit. Die Elektrizität hatte sich gerade den Magnetismus angegliedert. Das war ein grosser und endgültiger Schritt nach der Einheit hin, aber wie würde sich die Elektrizität ihrerseits in die Einheit fügen, wie würde sie sich auf den weltumfassenden Mechanismus zurückführen lassen? Davon hatte man keinen Begriff. Die Möglichkeit dieser Zurückführung wurde indessen von niemand in Zweifel gezogen, man hatte den festen Glauben daran. Was schliesslich die molekularen Eigenschaften der Körper betrifft, so schien hier die Zurückführung noch viel leichter; aber jede Einzelheit blieb in einen Nebel gehüllt. Mit einem Wort, die Hoffnungen waren unermesslich und unerschütterlich, aber sie waren vergeblich.

Und was sehen wir heute?

Zunächst einen Fortschritt, einen gewaltigen Fortschritt. Die Beziehungen zwischen Elektrizität und Licht sind jetzt bekannt; die einst getrennten drei Gebiete, Licht, Elektrizität und Magnetismus bilden nunmehr ein einziges; und diese Verschmelzung scheint eine endgültige zu sein.

Diese Eroberung hat uns indessen einige Opfer gekostet. Die optischen Erscheinungen treten jetzt als besondere Fälle der elektrischen auf; solange sie isoliert da standen, war es leicht, sie durch Bewegungen zu erklären, die man bis in ihre Einzelheiten zu kennen glaubte; es ging sie eben nur allein an; jetzt aber muss sich eine Erklärung, um annehmbar zu sein, zwanglos über das ganze elektrische Gebiet erstrecken. Und das geht nicht ohne Schwierigkeiten.

Das Befriedigendste, was wir in dieser Hinsicht haben, ist die Theorie von Lorentz; sie giebt, unwidersprochen, die beste Rechenschaft von den bekannten Thatsachen, bringt in die Optik die grösste Zahl wahrer Beziehungen und ist diejenige, von der man sicherlich sehr viele Spuren in dem endgültigen Aufbau widerfinden wird. Trotzdem hat sie noch einen schwer wiegenden Mangel, auf den ich schon weiter oben hingewiesen habe. Sie widerspricht nämlich dem Newtonschen Prinzipe von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung; oder vielmehr dieses Prinzip wäre in den Augen von Lorentz nicht auf die Materie allein anzuwenden; damit es wahr wäre, müsste es von Wirkungen des Äthers auf die Materie und von der Gegenwirkung der Materie auf den Äther Rechenschaft geben. Das heisst: bis anders verfügt wird, die Dinge tragen sich wahrscheinlich nicht so zu.

Wie dem auch sei, dank Lorentz sind die Resultate Fizeaus über die Optik bewegter Körper, die Gesetze der normalen und anomalen Dispersion und der Absorption untereinander und mit anderen Eigenschaften des Äthers durch Beziehungen verknüpft, welche ohne Zweifel nicht mehr zerreissen werden. Beachten Sie die Leichtigkeit, mit der das neue Phänomen von Zeeman seinen Platz ganz bereit gefunden und selbst geholfen hat, die magnetische Drehung Faradays einzuordnen, welche sich sogar den Bemühungen Maxwells widersetzt hatte; diese Leichtigkeit beweist, dass die Theorie von Lorentz keine künstliche Lösung ist, bestimmt, dereinst zu Grunde zu gehen. Man wird sie wahrscheinlich modifizieren, man wird sie aber nicht über Bord werfen.

Aber Lorentz hatte keinen anderen Ehrgeiz, als in einem einzigen Ganzen die ganze Optik und Elektrodynamik bewegter Körper zu begreifen; er beanspruchte nicht, eine mechanische Erklärung davon zu geben. Larmor geht weiter; indem er die Theorie von Lorentz soweit sie wesentlich ist, beibehält, pfropft er ihr gleichsam die Ideen von Mac-Cullagh über die Richtung der Ätherbewegungen auf. So geistreich dieser Versuch auch ist, der Mangel der Lorentzschen Theorie bleibt bestehen und wird sogar noch schwerwiegender. Nach Lorentz wissen wir nicht, welcher Art die Ätherbewegungen sind; dank dieser Unkenntnis könnten wir ihnen solche zuschreiben, dass sie diejenigen der Materie kompensieren und die Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung wieder herstellen. Nach Larmor kennen wir die Bewegung des Äthers und wir können konstatieren, dass die Kompensation nicht eintritt.

Wenn Larmor nach meiner Meinung Schiffbruch gelitten hat, heisst das, dass eine mechanische Erklärung unmöglich ist? Nichts weniger als das: ich habe oben gesagt, dass eine Erscheinung, welche den zwei Prinzipien der Energie und der kleinsten Wirkung gehorcht, eine unendliche Anzahl mechanischer Deutungen zulässt; es ist das ebenso mit den optischen und den elektrischen Erscheinungen.

Aber das genügt nicht: damit eine mechanische Erklärung gut ist, muss sie einfach sein; um unter all den möglichen wählen zu können, muss man andere Gründe haben, als nur die Notwendigkeit, eine Wahl treffen zu müssen. Nun wohlan, eine Theorie, welche dieser Bedingung genügt, und mit der wir folglich etwas anfangen können, haben wir noch nicht. Müssen wir uns darüber beklagen? Das hiesse, das Ziel vergessen, nach welchem wir streben; nicht der Mechanismus ist es, sondern die Einheit ist das wahre und einzige Ziel.

Wir müssen also unseren Ehrgeiz zügeln; wir wollen nicht versuchen, eine mechanische Erklärung zu formulieren, wir wollen zufrieden sein, dass wir immer eine finden könnten, wenn wir wollten. Soweit haben wir Erfolg gehabt; das Prinzip von der Erhaltung der Energie hat immer nur Bestätigungen erfahren; ein zweites Prinzip hat sich ihm angeschlossen, dasjenige der kleinsten Wirkung in der Form, welche für die Physik brauchbar ist. Auch es ist immer bestätigt worden, wenigstens soweit die umkehrbaren Erscheinungen in Betracht kommen, die also den Gleichungen von Lagrange, d. h. den allgemeinsten Gesetzen der Mechanik, gehorchen.

Die nichtumkehrbaren Erscheinungen sind sehr viel widerspenstiger. Indessen gehorchen auch sie und suchen sich der Einheitlichkeit unterzuordnen. Das Licht, welches sie aufgehellt hat, ist vom Carnotschen Prinzipe ausgegangen. Lange Zeit hat sich die Thermodynamik mit der Untersuchung der Ausdehnung und der Zustandsänderungen der Körper begnügt. Seit einiger Zeit hat sie sich ein Herz gefasst und ihren Wirkungskreis erweitert. Wir verdanken ihr die Theorie der galvanischen Kette und diejenige der thermoelektrischen Erscheinungen. Ja, es giebt in der ganzen Physik keinen Winkel, den sie nicht untersucht hat, und sie hat sich selbst an die Chemie heran-

gemacht. Überall herrschen dieselben Gesetze, überall findet man hinter den verschiedenartigen Erscheinungen das Carnotsche Prinzip wieder, überall auch jenen so wunderbar abgeleiteten Begriff der Entropie, welcher ebenso allgemein zu sein scheint, wie derjenige der Energie, und wie dieser eine tiefere Wirklichkeit zu verhüllen scheint. Die strahlende Wärme schien sich ihm entziehen zu wollen; sie hat sich in neuester Zeit unter dieselben Gesetze beugen lassen. Von hier aus sind uns neue Analogien aufgegangen, die sich oft bis in die Einzelheiten verfolgen lassen; der Ohmsche Widerstand gleicht der Zähigkeit der Flüssigkeiten, die Hysteresis würde sich der Reibung der Flüssigkeit vergleichen lassen. In allen Fällen scheint die Reibung der Typus zu sein, durch den sich die verschiedensten nichtumkehrbaren Erscheinungen nachahmen lassen und diese Verwandtschaft ist eine wirkliche und tieferliegende.

Man hat auch eine sogenannte mechanische Erklärung dieser Erscheinungen gesucht. Sie gaben sich aber nicht dazu her. Um eine solche zu finden, muss man annehmen, dass die Nichtumkehrbarkeit nur eine scheinbare ist, dass die elementaren Erscheinungen umkehrbar sind und den bekannten Gesetzen der Dynamik gehorchen. Aber die Elementarerscheinungen sind äusserst zahlreich und verschwimmen mehr und mehr ineinander, so dass für unsere groben Sinne alles nach der Einheitlichkeit zu streben scheint, das heisst, dass scheinbar alles in demselben Sinne, ohne Hoffnung auf Wiederkehr, verläuft. Die scheinbare Nichtumkehrbarkeit ist so nur eine Wirkung des Gesetzes der grossen Zahl. Nur ein Wesen, dessen Sinne unendlich fein wären, wie der imaginäre Dämon Maxwells, könnte dieses unlösbare Knäuel entwirren und die Welt wieder rückwärts laufen lassen.

Diese Auffassung, die sich an die kinetische Theorie der Gase anschliesst, hat grosse Anstrengungen gekostet und ist doch im Grossen und Ganzen unfruchtbar gewesen; sie wird aber noch fruchtbar werden können. Es ist hier nicht der Ort zur Prüfung, ob sie nicht zu Widersprüchen führt und ob sie sich der wahren Natur der Dinge anpasst.

Indessen wollen wir doch die originellen Ideen des Herrn Gouy über die Brownsche Bewegung erwähnen. Nach diesem Forscher würde sich diese einzigartige Bewegung dem Carnotschen Prinzipe entziehen; die Teilchen, welche er in Schwung versetzt, wären kleiner als die Maschen dieses so engen Netzes, sie wären also im stande, sie zu entwirren und dadurch die Welt rückwärts laufen zu lassen. Man glaubt hier fast den Maxwellschen Dämon an der Arbeit zu sehen.

Alles in allem ordnen sich die seit Alters bekannten Erscheinungen besser und besser; neue Erscheinungen kommen und fordern ihren Platz; die meisten von ihnen, wie diejenige von Zeeman, haben ihn sogleich gefunden.

Aber wir haben noch die Kathodenstrahlen, die X-Strahlen, diejenigen des Urans und des Radiums. Eine ganze Welt, von der sich niemand etwas träumen liess. Was für unerwartete Gäste sind hier noch unterzubringen!

Niemand kann noch voraussehen, welchen Platz sie erhalten werden. Aber ich glaube nicht, dass sie die allgemeine Einheit stören, ich glaube vielmehr, dass sie dieselbe vervollständigen werden. Denn auf der einen Seite scheinen die neuen Strahlungen mit den Erscheinungen der Luminescenz in Verbindung zu stehen; sie erregen nicht nur die Fluorescenz, sondern sie entstehen zuweilen unter denselben Bedingungen wie diese.

Auch sind sie nicht ohne Verwandtschaft zu den Ursachen, welche den elektrischen Funken unter der Wirkung des ultravioletten Lichtes überschlagen lassen.

Und schliesslich glaubt man, überall bei diesen Erscheinungen wirkliche Ionen wiederzufinden, freilich mit unvergleichlich grösseren Geschwindigkeiten behaftet, wie bei den Elektrolyten.

Alles das ist noch sehr unbestimmt, aber es wird sich schon präzisieren.

Die Phosphorescenz und die Wirkung des Lichtes auf den Funken waren ein wenig isolierte und daher von den Forschern etwas vernachlässigte Gebiete. Man kann jetzt hoffen, eine neue Richtschnur zu finden, welche ihre Verbindungen mit der allgemeinen Wissenschaft erleichtern wird.

Wir werden aber nicht nur neue Phänomene entdecken, sondern in denjenigen, die wir zu kennen glaubten, eröffnen sich unvorhergesehene Ausblicke. Im freien Äther bewahren die Gesetze ihre majestätische Einfachheit; aber die sogenannte Materie scheint mehr und mehr verwickelt; alles, was man von ihr weiss, ist immer nur angenähert, und unsere Formeln erfordern in jedem Augenblick neue Glieder.

Nichtsdestoweniger sind die Begrenzungen nicht durchbrochen, die Beziehungen, die wir zwischen den Dingen erkannt hatten, die wir für einfach hielten, bestehen zwischen denselben Objekten auch noch, wenn wir ihre Kompliziertheit erkennen, und hierauf allein kommt es an. Unsere Gleichungen werden zwar immer komplizierter, indem wir sie mehr und mehr der Kompliziertheit der Natur anpassen; aber nichts hat sich in den Beziehungen geändert, welche diese Gleichungen untereinander abzuleiten gestatten. Mit einem Wort, die Gestalt dieser Gleichungen ist bestehen geblieben.

Nehmen wir als Beispiel die Gesetze der Reflexion; Fresnel hatte sie auf Grund einer einfachen und verführerischen Theorie aufgestellt, die das Experiment zu bestätigen schien. Später zeigten genauere Untersuchungen, dass diese Bestätigung nur eine angenäherte war. Sie zeigten überall Spuren von elliptischer Polarisation. Aber dank der Stütze, die uns die erste Annäherung verlieh, fand man sofort die Ursache dieser Anomalien, die in der Gegenwart einer Übergangsschicht zu suchen ist; und die Fresnelsche Theorie hatte Bestand in dem, was ihr Wesen ausmachte.

Man kommt hier um folgende Betrachtung nicht herum: alle diese Beziehungen würden unbemerkt geblieben sein, wenn man von vornherein eine Ahnung gehabt hätte von der Kompliziertheit der Dinge, die sie verbinden. Es ist nicht lange her, da wurde gesagt, wenn Tycho zehnmal genauere Instrumente gehabt hätte, so würden wir niemals weder einen Kepler, noch einen Newton, noch eine Astronomie gehabt haben. Es ist ein Unglück für eine Wissenschaft, wenn sie zu spät aufkommt, zu einer Zeit, wo die Beobachtungsmittel schon zu vollkommen sind. Das trifft heute für die physikalische Chemie zu; ihre Begründer sehen sich in ihren Berechnungen durch die dritte und vierte Dezimale behindert; glücklicherweise sind es Menschen von einem unerschütterlichen Glauben.

In dem Masse, als man die Eigenschaften der Materie kennen lernt, sieht man dort die Kontinuität vorherrschen. Seit den Arbeiten Andrews' und van der Waals' giebt man sich von der Art und Weise Rechenschaft, in der sich der Übergang von dem flüssigen in den gasförmigen Zustand vollzieht, sowie davon, dass dieser Übergang kein plötzlicher ist. Ebenso besteht keine Kluft zwischen dem flüssigen und dem festen Zustande, und es ist bemerkenswert, dass man in diesem Bande[1]) neben einer Arbeit über die Starrheit der Flüssigkeiten eine Abhandlung über die Ausströmung derselben findet.

Bei diesem Versuche verliert die Einfachheit ohne Zweifel; diese Erscheinungen wurden durch drei gerade Linien dargestellt, und man muss dieselben jetzt durch mehr oder weniger komplizierte Kurven verbinden. Dafür aber gewinnt die Einfachheit dadurch ausserordentlich. Die voneinander getrennten Gebiete gewährten dem Geiste Ruhe, aber sie befriedigten ihn nicht.

Schliesslich sind die Methoden der Physik in ein neues Gebiet eingedrungen, in das der Chemie; die physikalische Chemie ist entstanden. Sie ist noch sehr jung, aber man sieht schon, dass sie uns Erscheinungen, wie die Elektrolyse, die Osmose, die Bewegungen der Ionen unter einander zu verknüpfen gestattete.

Was können wir aus dieser kurzen Übersicht schliessen?

Die Schlussabrechnung ergiebt, dass man sich der Einheitlichkeit genähert hat; man ist nicht so schnell vorangekommen, als man es vor fünfzig Jahren hoffte, man ist nicht immer den Weg gegangen, den man voraussah; aber man hat doch schliesslich sehr viel an Boden gewonnen.

1) Vergl. Rapports du Congrès International de Physique, tome I, 478 ff.

(Aus dem Französischen übersetzt von H. Th. Simon.)

REFERATE.

Elektrotechnik.
Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Der Schnellschreibtelegraph von Pollak-Virág.

Im Jahrgang 1, 484, 1900 dieser Zeitschrift ist von Herrn C. Déguisne nach einem von ihm im Physikalischen Verein zu Frankfurt a/M. gehaltenen Vortrage das dem Pollak-Virágschen System zu Grunde liegende Prinzip erläutert worden. Die zu übermittelnden Zeichen der Morseschrift wurden durch perforiertes Papier hergestellt, mittelst Schleifbürsten und Kontaktwalze die Stromstösse nach der Empfangsstation geleitet und dort durch einen vibrierenden Lichtstrahl auf photographisches Papier übertragen. Die so erzeugte Schrift bestand aus Zickzacklinien, welche den Punkten und Strichen des Morsealphabets entsprechen; es musste demnach jedes Telegramm vor der Aushändigung an den Empfänger erst noch einmal abgeschrieben werden.

Die Erfinder haben nun, wie schon am Schlusse des erwähnten Vortrags angedeutet wurde, in neuerer Zeit ihren Apparat wesentlich verbessert, indem die Depesche jetzt direkt in lateinischer Kurrentschrift geliefert wird und somit im Original an den Empfänger gegeben werden kann. Die Art und Weise

wie dies erreicht wird, soll in Nachstehendem beschrieben werden.

Unter den Buchstaben unserer gewöhnlichen lateinischen Schreibschrift befinden sich einige, welche aus einfachen, regelmässig auf und abgehenden Strichen gebildet sind, z. B. *m n h p v w*, die alle in einer gewissen Höhe über der Schriftlinie beginnen und auch dort wieder endigen. Der Buchstabe *m* ist z. B. aus je drei solchen Strichen, *v* und *p* aus je zwei solchen zusammengesetzt. Solche Buchstaben lassen sich ohne Weiteres mit dem früher beschriebenen Pollak-Virágschen Apparat fernschreiben. Denkt man sich nämlich den Papierstreifen wie in Fig. 1 angegeben ist, gelocht, und diesen Streifen zwischen die Walze und Kontaktbürsten des Absendeapparates (Fig. 1 in Nr. 44, 1. Jahrgang dies. Zeitschrift S. 484) gebracht, so wird die Empfangsstation eine Schrift liefern wie sie in Fig. 1 mit den Durchlochungen korrespondierend gezeichnet ist und woraus die Buchstaben *m v p* mit genügender Deutlichkeit zu lesen sind.

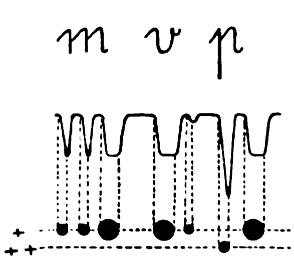


Fig. 1.

Nun bestehen aber die Buchstaben des Alphabets der lateinischen Schrift nicht alle aus solch einfachen Strichen, vielmehr sind die meisten aus Schleifen und geschlossenen Kurven gebildet, wie z. B. *l*, *o*, die sich natürlich nicht so einfach wiedergeben lassen. Denn dazu ist ausser der auf- und abgehenden Bewegung des schreibenden Lichtstrahls noch eine, dazu senkrecht gerichtete, also horizontal hin- und hergehende Bewegung notwendig. Um diese ebenfalls zu ermöglichen, haben die Erfinder den kleinen Hohlspiegel am Empfangsapparat um eine horizontale und eine vertikale Achse drehbar gemacht und wenden zu dessen Bewegung zwei Telephone nebeneinander an, wie dies die Fig. 2 zeigt.

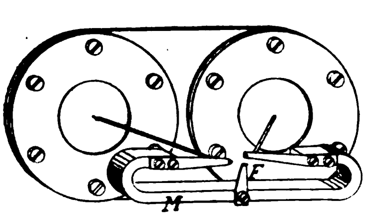


Fig. 2.

M ist ein permanenter Magnet, dessen zwei Schenkel in eiserne Federn mit rechtwinklig umgebogenen Spitzen endigen. Eine dritte stärkere Feder *F*, ebenfalls mit einer rechtwinklig umgebogenen Spitze, ist in der Mitte des Magneten angeschraubt. Auf diesen drei Spitzen liegt ein kleines Eisenplättchen mit daran festgekitteten kleinem Hohlspiegel; dasselbe wird durch die magnetische Anziehung festgehalten.

Da nun die Spitze vom rechtsgelegenen Magnetschenkel etwa 1 mm senkrecht über der festen Spitze *F*, die andere Spitze der Feder am linken Magnetschenkel aber in gleichem Abstande in horizontaler Richtung von der festen Spitze sich befindet, so kann sich der Spiegel um seine horizontale oder um seine vertikale Achse drehen, je nachdem das rechte oder linke Telephon anspricht. Befinden sich beide Telephone gleichzeitig in Thätigkeit, so kann der reflektierte Lichtstrahl auf dem Papier jede beliebige Kurve beschreiben. Damit nun die beiden, gemeinsam auf den Reflektor wirkenden Telephonmembranen die zur Bildung eines gewissen Buchstabens nöthigen Bewegungen ausführen, werden die Magnete der Telephone durch passend gewählte Stromstösse von der Absendestation aus erregt; und zwar sind diese Stromstösse für beide Telephone gesondert, teils im positiven, teils im negativen Sinne, sie besitzen verschieden grosse Spannungen und haben eine verschiedene Zeitdauer. Zu diesem

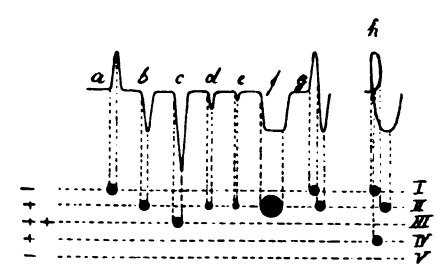


Fig. 3.

Zwecke sind die Erfinder von den früher angewendeten, zweireihig gelochten Papierstreifen abgegangen und verwenden nun fünfreihig gelochte, wie dies aus Fig. 3 zu erkennen ist. Dementsprechend besteht auch die Kontaktwalze aus fünf Schleifringen, welche durch zwischengelegte Ebonitringe voneinander isoliert sind. Auf dieser Kontaktwalze schleifen zwei Kontaktbürsten (siehe Schaltungsskizze Fig. 5), von denen die eine, mit der Fernleitung verbundene über die drei ersten Schleifringe hinweggreift. Der erste Schleifring steht mit dem negativen Pole der Batterie, der zweite mit dem positiven Pole einer gleichstarken Batterie

in Verbindung, während der dritte Schleifring auch mit dem positiven Pole, jedoch einer doppelt so starken Batterie verbunden ist. Wird daher der in Fig. 3 abgebildete Papierstreifen zwischen der Kontaktwalze und Bürste 1 durchgeschickt, so bewirken die Lochungen in Reihe I, dass negative Ströme durch das Telephon I der Empfangsstation gehen, der Lichtzeiger wird somit eine gewisse Strecke nach oben abgelenkt und würde — wenn man sich das lichtempfindliche Papier langsam nach links bewegt denkt — auf diesem eine auf und abgehende Linie wie *a* der Fig. 3 zeichnen.

Die Löcher der Reihe II bewirken, dass ein positiver Strom durch die Leitung nach dem Telephon I gelangt und der Lichtstrahl wird in diesem Falle die nach unten gerichtete Zickzackkurve *b* Fig. 3 schreiben.

Durch die Löcher der Reihe III wird ein positiver Strom von doppelter Stärke in das Telephon I gelangen, dessen Membrane sich infolgedessen auch doppelt so stark durchbiegt und den Lichtzeiger zwingt, eine doppelt soweit nach unten reichende Kurve *c* Fig. 3 zu beschreiben.

Durch grössere und kleinere Löcher im Papierstreifen, werden die Zickzacklinien breiter oder schmäler ausfallen, wie dies in Fig. 3 bei *d e f* zur Anschauung gebracht ist.

Folgen zwei Lochungen in den Reihen I und II kurz hintereinander, so wird zunächst ein negativer und unmittelbar darauf ein positiver Stromstoss ins Telephon I der Empfangsstation gelangen, was eine Zickzacklinie von doppelter Höhe zur Folge hat (Fig 3 *g*). —

Auf dem vierten und fünften Kontaktring der Walze (Fig. 5) liegt eine zweite Schleifbürste B_1. Der Schleifring 4 steht mit dem positiven, der Ring 5 mit dem negativen Pol einer besonderen Batterie in Verbindung. Während das Telephon I in der eine Schleife bildenden Hin- und Rückleitung liegt, liegt das zweite Telephon und die zweite Batterie an Erde, und ersteres ist so geschaltet, dass es Stromimpulse erst erhalten kann, nachdem diese wie zwei Ströme von gleicher Stärke und entgegengesetzter Richtung wirkungslos durch das Telephon I geflossen sind.

Es ist auch zu beachten, dass die vom Schleifring 4 kommenden Stromstösse eine grössere Intensität haben als die vom Schleifring 5.

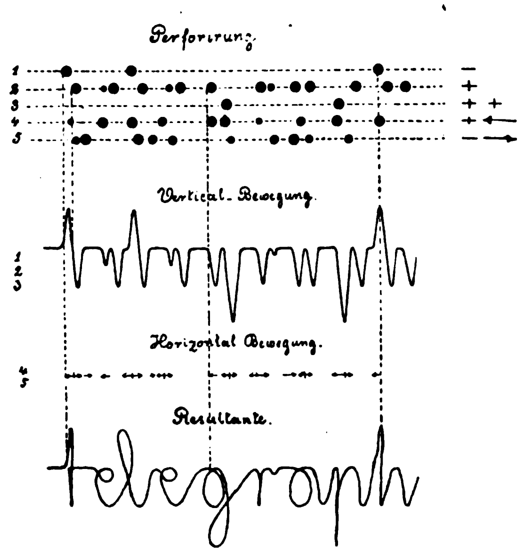


Fig. 4.

Wenn nun der in Fig. 3 gezeichnete, durchlochte Papierstreif, bei den mit *h* bezeichneten 3 Löchern unter die Kontaktbürsten kommt, so wird in dem Augenblick, in welchem der Lichtzeiger infolge des Stromstosses von Reihe I im Telephon I, seine Aufwärtsbewegung beginnt, von dem Loch in Reihe IV ein positiver, starker Stromstoss ins Telephon II gelangen, und die Einbiegung dieser Membrane lenkt den Lichtstrahl von seinem, sonst wie in Fig. 3 *g* verlaufendem Wege nach links ab. Zwar bewegt sich, nach unserer Annahme, das Papier auch nach links — allein die Bewegung des Lichtzeigers ist doch eine relativ schnellere. Auf

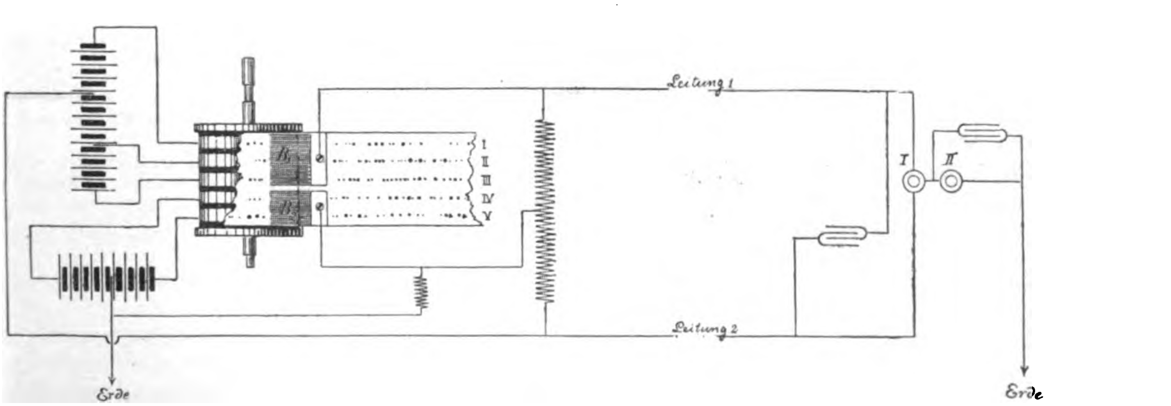


Fig. 5.

diese Weise resultiert die Schleife im Buchstaben *t* (Fig. 4 *h*).

Auf ganz ähnliche Weise können alle anderen Buchstaben des Alphabets hergestellt werden und ist als Beispiel in Figur 4 die Entstehung des Wortes „telegraph“, aus den gleichzeitigen vertikalen und horizontalen Bewegungen des reflektierten Lichtstrahles resultierend, dargestellt.

In obiger Beschreibung wurde der Einfachheit halber angenommen, dass sich das photographische Papier langsam von rechts nach links bewege. In Wirklichkeit ist dies beim Pollak-Virágschen Apparate nicht der Fall, sondern der gleiche Effekt wird auf eine andere und zwar recht zweckmässige Weise erreicht. — Wie aus Fig. 6 zu ersehen ist, befindet sich das lichtempfindliche Papier (ein Film) aufgerollt auf einer Trommel, von welcher es durch ein Uhrwerk langsam nach aufwärts gezogen wird. Dieses Uhrwerk setzt sich allein in Gang, sobald der erste Stromstoss von der Sendestation kommt. Gleichzeitig leuchtet eine elektrische Glühlampe auf, welche in der Achse des Cylinders angebracht ist, der sich zwischen Film und Spiegel befindet. Die Glühlampe hat einen graden Kohlenfaden und dieser ist so lang als der Blechcylinder. Am Umfange dieses Blechcylinders ist ein enger Spalt eingeschnitten, der sich in Form einer Schraubenlinie, genau einmal um den Cylinder windet. Durch diesen Spalt strahlt ein Stückchen des leuchtenden Glühfadens in den Konkavspiegel und wird von diesem als Lichtpünktchen nach dem Film reflektiert. Da sich der Blechcylinder, durch das den Film abrollende Uhrwerk angetrieben, langsam um seine Achse dreht, so schreitet die den Spiegel beleuchtende Stelle des schraubenförmigen Schlitzes langsam und gleichmässig von links nach rechts (vom Spiegel aus betrachtet) fort, und das gleiche thut somit das Lichtpünktchen auf dem Film: „es schreibt eine Zeile!“ Hat der Cylinder eine Umdrehung gemacht und ist somit der schreibende Lichtfleck am rechten Rande des Films angekommen, so beginnt der Cylinder eine neue Umdrehung und das Lichtfleckchen erscheint wieder am linken Rande des Films und beginnt eine neue Zeile zu schreiben, denn inzwischen ist ja der Film, infolge der Thätigkeit des Uhrwerks eine Zeilenhöhe nach oben gerückt.

Ist die Depesche zu Ende, so wird der Film durchschnitten — der noch unbelichtete Teil desselben nimmt dann an der Weiterbewegung nicht mehr teil, — während der die Depesche enthaltende Film sich, zwischen Bandführungen gehalten, über Rollen durch ein Gefäss mit Entwickelungsflüssigkeit und ein zweites mit einem Fixirbade bewegt. Durch eine entsprechende Öffnung kommt die fertige Depesche aus dem sonst lichtdicht geschlossenen Apparate heraus. —

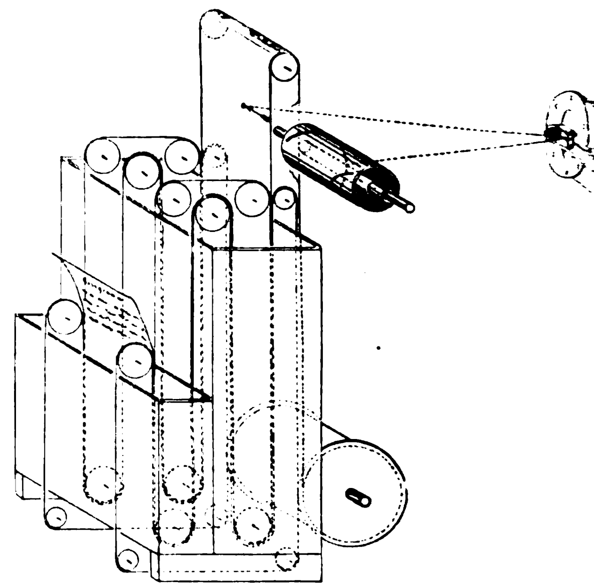


Fig. 6.

Die Durchlochung der Papierstreifen für den Sendeapparat erfolgt mittelst einer verhältnismässig einfachen Maschine derart, dass die sämtlichen, für einen Buchstaben erforderlichen Löcher auf einmal gestanzt werden.

Der Apparat lieferte auf Entfernungen von 400 Kilometer 1000 Worte pro Minute in vollkommen leserlicher Schrift.

Ernst Ruhmer.

(Eingegangen 24. November 1900.)

Personalien.

Die wissenschaftliche Gesellschaft in Göteborg ernannte die Professoren Warburg in Berlin und Lenard in Kiel zu auswärtigen Mitgliedern.

Dem ersten Chemiker und Stellvertreter des Direktors der technischen Versuchsanstalt Rothe in Berlin wurde der Titel Professor verliehen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 14. 5. Januar 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Brauchbarkeit der Dispersionsformeln.

Von Lad. Gorczyński.

Trotz vieler schönen theoretischen und experimentellen Arbeiten über die Dispersionsformeln und deren Brauchbarkeit, kann man bis jetzt die Übereinstimmung zwischen den theoretischen und experimentell erhaltenen Brechungsindices nicht als befriedigend betrachten, und aus diesem Grunde bleibt bisher in der praktischen Ausnutzung der Dispersionsformeln viel zu wünschen übrig. Dieser Umstand, welcher besonders in der rechnerischen Optik recht unangenehm auftritt, regte mich an, mich mit dieser Frage zu beschäftigen, und ich bin in dieser Hinsicht zu einigen Resultaten gekommen, welche mir nicht ohne Interesse zu sein scheinen, so dass ich mir erlaube, dieselben kurz darzustellen.

In den bisherigen Arbeiten nahm man gewöhnlich zur Vergleichung der Rechnungsresultate mit den experimentell bestimmten Werten verschiedenartige Körper, rechnete für dieselben in möglichst grosser Skala die Brechungsindices aus und verglich die letzteren mit den experimentell erhaltenen. Auf diese Weise hatte man das Vergleichungsmaterial für einzelne Körper, man nahm aber den Gang der Dispersion garnicht mit in Betracht, was hier besonders charakteristisch ist. Im folgenden ist diese Vergleichsbestimmung in etwas abweichender Weise ausgeführt; wir haben darin für jede gegebene Substanz die Werte der relativen Dispersionen $\left(r\text{-Werte} = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}\right)$, als prinzipiellen Ausgangspunkt berücksichtigt und die Abweichungen der theoretischen und experimentellen Brechungsindices n für verschiedene r-Werte studiert.

Als optische Substanzen wurden die Jenaer Gläser erwählt, erstens ihrer Wichtigkeit in der praktischen Optik wegen und zweitens darum, weil in derselben die in dem Schottschen Kataloge gegebenen optischen Konstanten möglichst gleichartiges und bequemes Material liefern. Die zweite wichtige Beschränkung, die wir uns auferlegt haben, besteht darin, dass wir den Vergleich zwischen der Theorie und dem Experiment fast ausschliesslich für eine Fraunhofersche Linie, im Kataloge der Jenaer Gläser mit dem Buchstaben G' angegeben, ausführten; diese Beschränkung hatte nicht nur den Zweck, die Rechnungen zu erleichtern, sondern war hauptsächlich dadurch veranlasst, dass der obenerwähnte Katalog nur 5 Brechungsindices liefert (für die Fraunhoferschen Linien A', C, D, F, G'), so dass nach der Einführung von vieren derselben zur Ausrechnung der Dispersionskonstanten nur ein Brechungsindex übrigblieb.

Die unten angeführte Tabelle I stellt die Abweichungswerte für acht Jenaer[1]) Gläser dar, den Werten ihrer r nach zusammengestellt, einzelne Kolumnen geben hier die Abweichungen (im Sinne „Rechnung — Beobachtung") an mit den entsprechenden Vorzeichen für die verschiedenen Dispersionsformeln; die oberen Fraunhoferschen Linien zeigen die entsprechenden Brechungsindices und deren Anzahl, die zur Bestimmung der Konstanten der Dispersionsformeln angewendet wurden.

1. Die allgemeine Cauchysche Formel

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \frac{D}{\lambda^6} + \cdots\cdots$$

ist von uns der Reihe nach mit zwei, drei und vier Dispersionskonstanten gebraucht. Die zweigliedrigen Cauchyschen Formeln wurden für

1) Dr. Schott, Glastechnisches Laboratorium, Jena. Zweiter Nachtrag zum Produktions- und Preisverzeichnis. 1892.

Tabelle I.

	Benennung	r	Cauchy					Schmidt		Ketteler		Wüllner		Lommel	Har- mann
			A', C	C, D	C, F	C, D, F	A', C, D, F	C, D, F	C, D, F	A', C, D, F	A', C, D, F	C, D, F	C, D, F	D, F	C, [illegible]
0.802	Borosilikat-Crown . .	64.9	+116	+ 48	+ 8	−23	+ 6	− 1	− 1	−13	−13	− 2	− 4	+12	− 5
0.709	Zink-Natron-Crown . .	57.3	+ 84	+ 10	− 4	−15	+38	+ 8	+ 7	+ 1	+ 1	− 4	− 5	+ 6	0
0.1209	Schwerstes Baryt-Crown	57.2	+ 65	+ 7	− 8	−20	+20	+ 8	+ 9	− 6	− 6	− 7	− 6	+ 4	0
0.722	Baryt-Leichtflint . . .	53.8	+ 40	− 3	−13	−21	+ 8	+ 7	+ 5	−12	−12	− 6	− 9	+ 1	+ 1
0.846	Baryt-Leichtflint . . .	53.0	+ 33	− 7	−14	−21	+ 8	+ 6	+ 6	−11	−11	− 8	− 9	0	− 1
0.726	Extra leichtes Flint . .	47.3	− 1	− 35	−25	−17	+20	+11	+12	− 2	− 4	−10	−10	− 5	+ 4
0.378	Extra leichtes Flint . .	45.9	− 21	− 47	−32	−21	+13	+ 8	+ 7	−11	−12	−16	−15	−10	+ 5
0.748	Baryt-Flint	39.1	−137	−119	−63	−19	+ 8	+17	+15	− 8	−11	−14	−20	−23	+19

Bemerkung. Die Abweichungen für $n_{G'}$ sind in Einheiten der fünften Dezimalstelle angegeben.

die Fraunhoferschen Linien A' und C, C und D, C und F; die dreigliedrigen für die Linien C, D, F und die viergliedrigen für die Linien A', C, D, F aufgelöst.[1])

Der Verlauf der Abweichungen stellt sich für alle zweigliedrigen Formeln ungemein interessant dar. Besonders charakteristisch und wichtig ist der Umstand, dass die Systeme mit je zwei Dispersionskonstanten den Gang der Abweichungen geben, welcher parallel mit dem Gange der r-Werte gerichtet ist. Der Charakter dieses Verlaufes ist für die drei Intervalle gemeinsam, nur die Skala ist verschieden. Das Intervall A', C zeigt die grössten Abweichungen, die folgenden zwei stufenweise kleinere; ebenso die Nullabweichung, d. h. mit anderen Worten dieses r, für welches die ausgerechnete $n_{G'}$-Grösse genau mit der experimentellen übereinstimmt, wächst mit dem Übergange vom ersten zum dritten System in der Richtung des r-Steigens. So z. B. für die erste zweigliedrige Formel fällt die Nullabweichung in der Nähe $r = 47.3$, für die zweite zwischen $r = 53.8$ und 57.2 und endlich für die dritte zwischen $r = 57.3$ und 64.9.

Falls wir aber die Cauchysche Formel mit drei oder vier Dispersionskonstanten nehmen, erhält man solchen systematischen und regelmässigen Gang der Abweichungen nicht mehr. Die so erhaltenen Abweichungen, sowie überhaupt der Verlauf der Dispersionskonstanten für alle Cauchyschen Formeln, stellen dann nichts Charakteristisches dar.

2. Die Schmidtschen Formeln

a) $$n = a + \frac{b}{\lambda} + \frac{C}{\lambda^4}$$

b) $$n^2 = a^2 + \frac{b}{\lambda} + \frac{C}{\lambda^4}$$

1) Die Rechnungen sind mittelst der sechsstelligen Logarithmentafeln von **Bremiker** ausgeführt, was, wie es sich ergeben hatte, hier genügend ist; die Summen und Differenzen wurden nach der **Gaussschen** Methode bestimmt. Als die zu Grunde liegenden Konstanten figurieren in den Rechnungen die Wellenlängen, die gemäss den in dem **Schottschen** Kataloge angeführten Werten folgende sind:

$$\lambda_{A'} = 0.7677\,\mu\,,\ \lambda_C = 0.6563\,\mu\,,$$
$$\lambda_D = 0.5893\,\mu\,,\ \lambda_F = 0.4862\,\mu\,,\ \lambda_{G'} = 0.4341\,\mu\,.$$

wurden für die Fraunhoferschen Linien C, D, F aufgelöst; der Verlauf der Abweichungen zeigt wenig Bemerkenswertes.

3. Die Kettelerschen Formeln

a) $$n^2 = a^2 + \frac{M}{\lambda^2 - \lambda_1^2} - K\lambda^2$$

b) $$n^2 = -K\lambda^2 + a^2 + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}$$

mit je vier Konstanten sind für die Fraunhoferschen Linien A', C, D, F aufgelöst. In dem Verlaufe der Abweichungen, sowie in dem der Dispersionskonstanten fällt es schwer, irgend eine Regelmässigkeit zu bemerken.

4. Die Wüllnerschen Formeln sind von der Form

a) $$n^2 - 1 = -P\lambda^2 + Q\frac{\lambda^4}{\lambda^2 - \lambda_1^2}$$

b) $$n^2 - 1 = (Q - P)\lambda^2 + Q\frac{\lambda_1^2}{1 - \left(\frac{\lambda_1}{\lambda}\right)^2}$$
$$= K\lambda^2 + \frac{M\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2}$$

mit je drei Dispersionskonstanten (P, Q, λ_1 resp. K, M, λ_1).

5. Wenn wir in der zweiten Wüllnerschen Formel $P = Q$ setzen, bekommen wir die Lommelsche Formel

$$n^2 - 1 = Q\frac{\lambda_1^2}{1 - \left(\frac{\lambda_1}{\lambda}\right)^2}$$

die, als die zweigliedrige Formel, die Vorausbestimmung nur zweier Brechungsindices erfordert (z. B. n_D und n_F) und sich sehr leicht und bequem ausrechnen lässt. Für die erste Wüllnersche Formel, sowie auch für die Lommelsche, giebt den Verlauf der Dispersionskonstanten folgende Tabelle an:

Tabelle II.

Fabrikations-Nr.	Benennung	r	Erste Wüllnersche Formel λ_1^2	P	Q	Lommelsche Formel λ_1^2	Q	Abweichungswerte für n_G
0.802	Borosilikat-Crown	64.9	+0.0085237	+142.360	+142.349	+0.0091879	+131.402	+12
0.709	Zink-Natron-Crown . . .	57.3	+0.010082	+124.337	+124.330	+0.010484	+119.199	+ 6
0.1209	Schwerstes Baryt-Crown .	57.2	+0.010423	+148.770	+148.762	+0.010767	+143.644	+ 4
0.722	Baryt-Leichtflint	53.8	+0.011005	+131.812	+131.805	+0.011360	+127.341	+ 1
0.846	Baryt-Leichtflint	53.0	+0.011100	+123.193	+123.187	+0.011442	+119.189	0
0.726	Extra leichtes Flint . . .	47.3	+0.012594	+105.007	+105.004	+0.012778	+103.343	− 5
0.378	Extra leichtes Flint . . .	45.9	+0.013001	+103.313	+103.309	+0.013181	+101.756	−10
0.748	Baryt-Flint	39.1	+0.015822	+ 98.641	+ 98.643	+0.015722	+ 99.333	−23

Wir sehen daraus, dass die Dispersionskonstanten P und Q sich untereinander nur sehr wenig unterscheiden; diese Bemerkung ist übrigens nicht neu, denn schon A. Wüllner selbst hatte dies bekannt gemacht.[1]) Man kann hier noch auf folgende interessante Beziehung zwischen P und Q verweisen: $r = 64.9$, $P - Q = + 0.011$, für $r = 53.0$ $P - Q = + 0.006$ und für $r = 39.1$ $P - Q = - 0.002$.

Das augenscheinliche Steigen mit r zeigt der Verlauf der Dispersionskonstante λ_1^2, denn sie nimmt ersichtlich ab mit der Zunahme von r. Die analog λ_1^2 aus der zweiten Wüllnerschen Formel unterscheidet sich nur sehr wenig von der ersteren und man kann von ihr wörtlich dasselbe, wie von der ersten anführen. Was endlich den Verlauf der Abweichungen anbelangt, so tritt auch hier, obwohl nicht ganz genau, die Abhängigkeit von r deutlich genug hervor, was besonders auffallend die zweite Wüllnersche Formel zeigt (siehe Tabelle I).

Tabelle II zeigt weiter, dass λ_1^2 und Q für die Lommelsche Formel sich nicht sehr viel von den entsprechenden Dispersionskonstanten der ersten Wüllnerschen Formel unterscheiden. Hier wie auch dort zeigt der Verlauf von λ_1^2 charakteristische Veränderung mit r, und dem vorigen gemäss nimmt λ_1^2 zu, wenn r abnimmt. Besonders auffällig erscheint aber die Abhängigkeit von r bei den Abweichungen; wir haben hier die Nullabweichung für $r = 53.0$, dagegen r—23 für $r = 39.1$ und andererseits + 12 für $r = 64.9$.

6. Die Hartmannsche Formel ist von der Form

$$n - n_0 = \frac{C}{(\lambda - \lambda_0)^{\alpha}}$$

mit vier Konstanten n_0, C, λ_0, α. Diese Gestalt ist im allgemeinen Falle zur direkten Auflösung sehr unbequem. Bei der Anwendung der Hartmannschen Formel haben wir nach dem Verfasser[2]) $\alpha = 1,2$ angenommen, womit die Zahl der Konstanten sich auf 3 reduziert. Für die Interpolation leistet diese Formel sehr Gutes, worauf schon Herr Harting aufmerksam gemacht hat.

Gleichwohl steht hier der Verlauf der Dispersionskonstante λ_0, als auch der der Abweichungen in engem Zusammenhange mit r. Für $r = 64.9$ ist die Abweichung gleich — 5, für $r = 57.2$ schon 0 und erreicht für $r = 39.1$ + 19. Was λ_0 anbelangt, so erhält sie für die acht benutzten Gläser folgende Werte (in Mikronen): 0,1496; 0,1749; 0,1772; 0,1830; 0,1845; 0,1937; 0,1984; 0,2139.

Im allgemeinen zeigt der Überblick der Tabelle I, dass einige Dispersionsformeln von r abhängige Abweichungen geben. Das Hervorheben dieser Abweichungsabhängigkeit hat (wenn auch nur praktische) Wichtigkeit, denn sie führt zu dem Schlusse, dass man durch die genaue Bestimmung der Abweichungen für jeden r-Wert die Brechungsindices für die entsprechenden Fraunhoferschen Linien mit gewünschter Genauigkeit mittels der Dispersionsformeln erhalten könne.

Tabelle I zeigt, dass ähnlicher regelmässiger Gang der Abweichungen für die zweigliedrigen Cauchyschen Formeln, für die Lommelsche und Hartmannsche Formel und endlich, obwohl nicht gänzlich genau, für die Wüllnerschen Formeln auftritt. Man könnte also jede von dieser zur Bildung der systematischen Tabelle anwenden, die die Abweichungen als Funktion von r und zugleich den Korrektionswert anzeigen würde, den man zugeben oder abziehen soll, damit der ausgerechnete Brechungsindex mit seinem wirklichen Werte für jede Substanz übereinstimme.

Aus den obenerwähnten 6 Formeln eignen sich dazu am besten: die theoretische von Professor Lommel und die empirische von Professor Hartmann; von diesen zwei Formeln wollen wir aber diesmal die Lommelsche Formel anwenden, denn die neue Hartmannsche Formel scheint für die Extrapolationszwecke noch nicht ganz angepasst zu sein.

1) A. Wüllner, Zur Dispersion farblos durchsichtiger Medien, Wied. Ann. 17, 580—587, 1882.

2) Hartmann, Über eine einfache Interpolationsformel für das prismatische Spektrum. Publikationen des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam No. 42, 1898.

Tabelle III.

Fabrikations-Nr.	r	Erhaltene Abweichungen	Korrektionswerte	Übrigbleibende Fehler	Fabrikations-Nr.	r	Erhaltene Abweichungen	Korrektionswerte	Übrigbleibende Fehler
0.225	70.0	+11	−11	0	0.152	51.2	− 2	+ 1	−1
s.40	66.9	+12	−11	+1	0.583	51.2	− 1	+ 1	0
0.802	64.9	+12	−11	+1	0.543	50.6	− 4	+ 2	−2
0.144	64.0	+ 9	− 9	0	0 527	50.4	− 3	+ 2	−1
0.599	62.3	+ 7	− 7	0	0.164	49 4	− 1	+ 3	+2
0.57	61.8	+ 7	− 7	0	0.575	49.3	− 3	+ 3	0
0.40	60.9	+ 6	− 6	0	0.214	48.7	− 5	+ 5	0
0.337	60.7	+ 6	− 6	0	0.522	48.2	− 6	+ 5	−1
0.374	60.5	+ 4	− 6	−2	0.726	47.3	− 5	+ 6	+1
0.546	60.2	+ 8	− 6	+2	0.161	46.7	− 4	+ 6	+2
0.60	60.2	+ 6	− 6	0	0.578	46.4	− 8	+ 7	−1
0.138	60.2	+ 6	− 6	0	0.378	45.9	− 10	+ 10	0
0.567	59.7	+ 5	− 5	0	0.154	43.0	− 16	+ 15	−1
0.20	59 6	+ 4	− 5	−1	0.376	42.9	− 16	+ 15	−1
0.227	59.4	+ 6	− 5	+1	0.230	42.5	− 14	+ 15	+1
0.203	59.0	+ 3	− 4	−1	0.340	41.4	− 19	+ 19	0
0.610	59.0	+ 2	− 4	−2	0.569	41.4	− 19	+ 19	0
0.598	58.6	+ 6	− 4	+2	0.184	41.1	− 20	+ 20	0
0.512	58 6	+ 3	− 4	−1	0.748	39.1	− 23	+ 23	„
0.13	58.0	+ 5	− 4	+1	0.318	38.3	− 25	+ 25	„
0.15	58.0	+ 4	− 4	0	0.118	36 9	− 30	+ 30	„
0.211	57.5	+ 5	− 4	+1	0.167	36.5	− 32	+ 32	„
0.709	57.3	+ 6	− 4	+2	0.103	36.2	− 32	+ 32	„
0.153	57.2	+ 3	− 4	−1	0.93	35.8	− 35	+ 35	„
0.1209	57.2	+ 4	− 4	0	0.266	35.4	− 35	+ 35	„
0.114	56.6	+ 3	− 3	0	0.335	34.8	− 40	+ 40	„
0.197	56.5	+ 2	− 3	−1	0.102	33.8	− 42	+ 42	„
0.463	55.4	+ 2	− 3	−1	0.192	32.0	− 49	+ 49	„
0.202	55.3	+ 3	− 3	0	0 41	29.5	− 61	+ 61	„
0.608	54.6	+ 1	− 2	−1	0.113	28.4	− 68	+ 68	„
0.722	53 8	+ 1	− 1	0	0 165	27.5	− 76	+ 76	„
0.602	53.0	+ 2	0	+2	0.198	26.5	− 88	+ 88	„
0.846	53.0	0	0	0	s. 57	19.7	−216	+216	„
0.381	51.3	− 2	+ 1	−1					

Die obige Tabelle III stellt diese Korrektionswerte für alle Jenaer Gläser dar, die in dem Schottschen Kataloge angeführt sind; die erste Kolumne enthält die Fabrikationsnummer, die zweite giebt die Differenz zwischen dem aus der Lommelschen Formel berechneten und experimentell erhaltenen $n_{G'}$-Werte, die dritte zeigt weiter den Korrektionswert für entsprechendes r an und die vierte den übrigbleibenden Fehler.

Aus dieser Tabelle sieht man wohl, dass nach der Einführung der Korrektionswerte die Ungewissheit nur $\pm$ 2 Einheiten der fünften Dezimalstelle beträgt; für kleinere r ist der übrigbleibende Fehler nicht angegeben, denn wir haben wegen Fehlens in dem Schottschen Kataloge mit beträchtlicheren Dispersionen der grösseren Zahl der Gläser relativ zu wenig Vergleichungsmaterial. Überhaupt was Korrektionen selbst anbelangt, so sei bemerkt, dass man zu ihrem möglichen Festsetzen unbedingt eine weit grössere Zahl der Gläser mit gleichen und verschiedenen r berücksichtigen müsste, als die sind, welche wir zur Disposition gehabt hatten. Aus demselben Grunde stellen wir die Abhängigkeit der Korrektionen nicht graphisch dar; die so entstandene Kurve giebt übrigens keinen charakteristischen Verlauf an, sie geht ziemlich unregelmässig und zeichnet sich nur dadurch aus, dass sie weit schneller wächst, als r abnimmt (bezw. die relative Dispersion zunimmt), was man auch in der Tabelle ganz anschaulich sehen kann. Wegen desselben Fehlens der Gläser, die noch genauer den Verlauf der Abweichungen zu erkennen erlauben würden, haben wir keine Versuche vorgenommen, um die obenerwähnte Abhängigkeit mittels empirischer Formeln darzustellen; dies alles wäre zu früh, und von bedeutend grösserer Wichtigkeit ist jetzt die Ausdehnung des r-Bezirkes und die Untersuchung der Abweichungen für die anderen Fraunhoferschen Linien.

Was die Abweichungswerte weiter anbelangt, so ist es hier notwendig, zu erwähnen, dass bei der ausführlicheren Betrachtung der Verlauf der Korrektionen in der Abhängigkeit von r nicht immer so einfach ist, und obwohl der meiste Teil der Gläser, die in dem Schottschen Kataloge figurieren, gut übereinstimmende Resultate bei der Bestimmung von $n_{G'}$ geben, giebt es aber einige, welche davon abweichen. Sie sind nämlich:

Tabelle IV.

Fabrikations-Nr.	Benennung	r	Erhaltene Abweichungen	Soll-Korrektionen	Übrigbleibende Fehler	Bemerkungen
s. 30	Schweres Baryum-Phosphat-Crown	65.2	+ 5	—11	— 6	Relativ nicht grosse Härte.
s. 15	Schwerstes Baryum-Phosphat-Crown	64.1	+ 7	— 9	— 2	Geringe Härte; geschützt zu verwenden.
s. 52	Leichtes Borat-Crown	60.0	+12	— 6	+ 6	Nur an geschützten Stellen zu verwenden.
s. 35	Borat-Flint	55.2	+ 9	— 3	+ 6	An geschützten Stellen zu verwenden.
o 252	Borat-Flint	53.8	+ 7	— 1	+ 6	An geschützten Stellen zu verwenden.
s. 8	Borat-Flint	50.8	+ 7	+ 1	+ 8	Geschützt zu verwenden.
s. 7	Borat-Flint	44.3	— 2	+12	+10	Geschützt zu verwenden.
s. 17	Schweres Borat-Flint	40.6	— 7	+21	+14	Geschützt zu verwenden.
s. 10	Schweres Borat-Flint	38.0	—13	+27	+14	Geschützt zu verwenden.

In der ersten Kolumne haben wir hier die Fabrikationsnummer, in der zweiten die Benennung der Gläser, in der dritten die r-Werte, in der vierten die Abweichungen, welche man bei der Anwendung der Lommelschen Formel zur Berechnung von $n_{G'}$ erhält; in der fünften Kolumne haben wir die Sollkorrektionen, d. h. diejenigen Korrektionswerte, welche für den gegebenen Körper normal sind (resp. mit der Tabelle III übereinstimmen); endlich giebt die sechste Kolumne die übrigbleibenden Fehler an, die nach der Einführung der Sollkorrektionen noch geblieben sind und die siebente enthält die Bemerkungen, mit welchen diese Gläser in dem Schottschen Kataloge versehen sind.

Die vierte Kolumne in Tabelle IV zeigt aber, dass auch hier die charakteristische Zunahme der Abweichungswerte mit r, wenigstens für die letzteren 7 Gläser, stattfindet, was wohl zu dem Gedankengange führen kann, dass die hier wirkende Ursache der Komplikationen für diese 7 Gläser gemeinsam sein könne. Und wirklich, wenn wir die letzteren 7 Gläser mit dem Kataloge vergleichen, so zeigt sich besonders auffallend der Umstand, dass sie ohne Ausnahme mit der Bemerkung „geschützt zu verwenden" versehen sind; die zwei ersten Gläser, die, was den Gang ihrer Abweichungen anbelangt, noch besonders stehen, sind mit der Bemerkung „relativ nicht grosse" und „geringe Härte; geschützt zu verwenden" angegeben; diese und nur diese Gläser zeigen hier die Ausnahmen im normalen Gange der Abweichungen für $n_{G'}$, was zeigt, dass für diese Gläser der Verlauf der Dispersion in der Nähe der Fraunhoferschen Linie G' sich von derselben für andere Jenaer Gläser unterscheidet. Die Dispersionskonstante λ_1^2 der Lommelschen Formel zeigt für alle Jenaer Gläser ähnlichen regelmässigen Verlauf in der Abhängigkeit von r, welchen wir in einer der vorigen Tabellen schon diskutiert haben; die Ausnahme in dieser Hinsicht findet nur bei den letzterwähnten 9 Gläsern statt.

Die für die Jenaer Gläser erhaltenen Dispersionskonstanten P und λ_1^2 könnten naturgemäss sogleich dazu dienen, um mittels der Lommelschen Formel noch andere Brechungsindices (z. B. $n_{A'}$ oder n_C) zu berechnen. Wir geben sie hier aber nicht ausführlich an, denn wir beschäftigen uns, der früher angestellten Beschränkung gemäss, hauptsächlich mit $n_{G'}$; indem wir also dies den weiteren Untersuchungen überlassen, bemerken wir nur vorläufig, dass für $r = 70.0$ der Abweichungswert für $n_{A'}$ gleich $+ 43$, für $r = 59.0$: $+ 36$, für $r = 53.0$: $+ 27$, für $r = 49.3$ $+ 22$, für $r = 38.3$ $+ 11$ und endlich für $r = 19.7$ gleich $- 123$ ist. Die Abweichungen für die Linie C halten sich überhaupt zwischen denen für A' und G'; so z. B. für $r = 58.6$ finden wir für $n_{A'}$ die Abweichung gleich $+ 8$, für $r = 38.6$ beträgt sie $- 4$ u. s. w.

Obwohl wir uns über den Verlauf der Abweichungen für andere Fraunhoferschen Linien nur auf diese allgemeine Erwähnung beschränken, wird schon jetzt nicht überflüssig sein, zu bemerken, dass auch hier ähnliche Komplikationen, wie wir sie für die Linie G' kennen gelernt haben, wohl auch auftreten können; im allgemeinen ist nicht unbegründet, die Annahme aufzustellen, dass man für jeden Körper eine (bezw. einige) Linien finden könne, für welche der normale Verlauf der Abweichungen, der z. B. mit der Lommelschen Formel zu erhalten ist, einer Verwickelung unterliegen kann. Das steht im Einklang mit der Thatsache, dass jeder Körper in einer gewissen oder gewissen Regionen des Spektrums, die eventuell weit über der jetzt untersuchten Grenze liegen können, den anomalen Verlauf der Dispersion darstelle. Aus diesem Grunde, wenn wir dem Obigen gemäss als Ausgangspunkt annehmen, dass jeder Körper in der Abhängigkeit von seinem r die ganze Reihe der Abweichungen gebe, die systematisch in Richtung der Zunahme der Wellenlängen wachsen, hat eben diese Beschränkung grosse Wichtigkeit, denn sie zeigt schon im voraus, dass ähnliche Extrapolation auf zu weite Grenze nicht ausgedehnt werden darf und dass deshalb die Anwendung der

Korrektionstabellen nicht allzu weit ausgedehnt werden darf.

Dessen ungeachtet jedoch ist die Frage selbst von der Existenz des regelmässigen Ganges der Abweichungen in gewissen Regionen des Spektrums eines jeden Körpers für das betrachtende Thema von prinzipieller Wichtigkeit. Die erschöpfende Begründung dieses regelmässigen Abweichungsganges bedarf aber der weiteren Untersuchung und vor allem des Sammelns des entsprechenden experimentellen Materials, wie wir solches z. B. in den Arbeiten von H. Rubens[1]) und H. Th. Simon[2]) finden.

Die Tabelle V giebt den Verlauf der Abweichungen im infraroten und ultravioletten Gebiete des Spektrums für 5 Jenaer Gläser, deren Brechungsindices von H. Rubens und H. Th. Simon bestimmt wurden. Die erste horizontale Kolumne enthält die Wellenlängen in Mikronen, die vertikalen Kolumnen geben dagegen die entsprechenden Abweichungen; die leeren Stellen zeigen, dass die entsprechenden Brechungsindices experimentell nicht bestimmt wurden.

Die Tabelle V zeigt, dass für die benutzten fünf Gläser der Charakter des Abweichungsganges für jedes besonders und für alle im

Tabelle V.

Fabrikations-Nr.	r	Die Wellenlängen in Mikronen																			
		2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.4340	0.3610	0.3466	0.4303	0.3261	0.3131	0.3081	0.2980	0.2880	0.28[illegible]	[illegible]
0.1092	60.6	—	+1012	+899	+713	+548	+408	+275	+175	+ 95	0	0	— 5	— 8	— 16	— 29	— 38	— 49	— 77	— 95	— [illegible]
0.1151	51.8	—	—	+940	+709	+499	+319	+200	+ 83	+ 16	— 14	— 38	— 65	— 76	— 98	—192	—231	— 316	—	—	—
0.151	41.1	+1240	+1033	+821	+611	+437	+277	+143	+ 52	+ 1	— 24	—181	—262	—313	—465	—680	—801	—1092	—	—	—
0.469	33.7	+1081	+ 921	+751	+585	+421	+242	+103	+ 10	— 36	— 48	—355	—530	—636	—965	—	—	—	—	—	—
s.163	22.3	+ 887	+ 707	+546	[illegible]	+183	+ 33	—105	—132	—145	—147	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

allgemeinen derselbe ist, d. h. dass 1. für jedes gegebene Glas die Abweichungen, indem sie im ultraroten Teile des Spektrums positiv sind, stufenweise sich verkleinern und für genügend kurze Wellenlängen negativ werden, und 2. dass die Abweichungen für jede gegebene Wellenlänge sich mit der Abnahme von r verkleinern[3]). Diese doppelte Abhängigkeit der Abweichungen von r und λ tritt hier also gleichartig und typisch auf, es folgt aber daraus nicht, dass solcher typischer Verlauf immer stattfindet.

Schon nachdem wir die Korrektionstabelle für $n_{G'}$ (Tabelle III) angegeben, haben wir sogleich einige Gläser angeführt, die zwar auch im allgemeinen die von r abhängigen Abweichungen zeigen, sich jedoch in dieser Hinsicht von den übrigen Gläsern unterscheiden. Ähnliche Komplikationen lassen sich auch für einige Gläser der Simonschen Tabelle konstatieren. Während alle die vorigen 5 Gläser die Abweichungswerte geben, die sich gleichartig und regelmässig mit der Abnahme der Wellenlänge verkleinern, zeigt dagegen das Glas mit der Fabrikationsnummer 0.1230 in der Region des Spektrums von 0.768 bis 0.2837 μ in der Mitte ein Maximum und Minimum; weiter haben wir z. B. für Glas s.179 nur ein Minimum und dabei, was besonders interessant ist, fangen hier die Abweichungen von einer bestimmten Wellenlänge an in der Richtung des ultravioletten Teiles zu wachsen. Diese beiden Fälle stellt die Tabelle VI dar.

Da wir also von diesen Ausnahmen absehend, die gesetzmässige Abhängigkeit unserer Abweichungen von r und λ weitgehend bestätigt finden, so können wir sagen, dass die verallgemeinerte Lommelsche Formel

$$n_x^2 = 1 + Q \cdot \frac{\lambda_1^2}{1 - \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_x}\right)^2} + F(r, \lambda_x)$$

(wo x die Fraunhofersche Linie bedeutet, für die wir den Brechungsindex bestimmen wollen) in relativ weitem Extrapolationsbezirke die genaue Bestimmung der Brechungsindices er-

1) H. Rubens, Über die Dispersion ultraroter Strahlen. Ann. d. Phys. u. Chem. **45**, 238; **46**, 540, 1892.

2) H. Th. Simon, Über Dispersion ultravioletter Strahlen. Inaugural-Dissertation Berlin 1894. — Ein Auszug unter gleichem Titel in den Ann. d. Phys. u. Chem. **53**, 542, 1894. Siehe auch H. Hovestadt „Jenaer Glas" S. 40—45, wo die Untersuchungen von Simon angeführt sind. Die zur Bildung der Tabelle VI nötigen Brechungsindices sind der Simonschen Abhandlung entnommen.

3) Was die zweite Abhängigkeit anbelangt, so zeigt die Tabelle V zwei nicht beträchtliche Unregelmässigkeiten in dieser Hinsicht, eine für $\lambda = 2.2\ \mu$ ($r = 41.1$) und die zweite für $\lambda = 2.0\ \mu$ ($r = 51.8$). Dieser Umstand, dass die Abweichungen für $\lambda = 0.4340$ (Tabelle V) mit denen in der Tabelle III nicht ganz übereinstimmen, erklärt sich aus der Verschiedenheit der Messungsmethode und mit der ungleichen Genauigkeit der Daten.

Tabelle VI.

Fabrikations-Nr.	r	Die Wellenlängen in Mikronen																			
		2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.768	0.6562	0.4800	0.4678	0.4340	0.3610	0.3466	0.3403	0.3261	0.3133	0.3081	0.2980	0.2880	0.28[illegible]
s.179	67.2	+1201	+885	+638	+448	+314	+191	+97	+52	+11	—	+7	— 2	+17	+19	+21	+24	—	—	—		—
0.1230	57.0	—	—	—	—	—	—	—	+18	— 1	+4	+8	+12	+39	+40	+38	+28	+25	+18	+5	—19	—[illegible]

aubt. Die numerischen Werte der oben angeführten Funktion $F(r, \lambda_x)$ entsprechen eben den Korrektionen, solchen z. B., welche für die Linie G' in der Grenze von $r = 70.0$ bis $r = 19.7$ bestimmt wurden (siehe Tabelle III); was aber die Gestalt dieser Funktion selbst anbelangt, so wäre einstweilen eine Untersuchung in dieser Hinsicht vorzeitig, denn unsere bisherigen Kenntnisse sind dazu ungenügend. Es ist natürlich, dass die Existenz einer solchen doppelten Abhängigkeit (von r und λ) nicht nur für die Lommelsche Formel, sondern auch für alle Dispersionsformeln, die den regelmässigen Abweichungsgang zeigen, zu erwarten ist, so z. B. könnte man sich bemühen, auch für die zweigliedrigen Cauchyschen Formeln die numerischen Bestimmungen der ihnen entsprechenden Funktionen $\psi(r, \lambda_x)$ zu suchen.

Wenn ich demnach auch weit entfernt bin, den oben mitgeteilten Korrektionstabellen eine numerische Endgültigkeit zuzuschreiben, so halte ich mich jedoch zur Behauptung berechtigt, dass der obenerwähnten Abhängigkeit von r und λ eine allgemeinere Bedeutung zukommt und dass sie in der Frage über die Brauchbarkeit der Dispersionsformeln von Wichtigkeit ist.

Warschau,[1]) Optische Anstalt „Fos", im September.

1) Bei manchen Fragen und besonders bei den der praktischen Optik hat mich Herr Al. Ginsberg zum Dank verpflichtet.

(Eingegangen 22. November 1900.)

Über einige Versuche mit Kohärern.

Von Chr. Jensen.

Ausgedehntere Untersuchungen, welche ich zu Anfang des Jahres 1900 über Kohärer anstellte, scheinen mir Interesse genug zu bieten, um sie noch nachträglich zu veröffentlichen. Von gewissen Überlegungen geleitet, untersuchte ich zunächst eine Röntgenröhre auf ihre Wirkung auf den Kohärer hin. Ganz überraschend war es, wie ein Kohlscher Apparat zur Demonstration der Telegraphie ohne Draht sofort ansprach, als eine bestimmte Röntgenröhre in den Sekundärkreis eines Induktoriums eingeschaltet war. Da die Grösse der Wirkung ausserordentlich abhängig von der gegenseitigen Lage der erwähnten Röhre und des Kohärers erschien, so wurde es mir sehr wahrscheinlich, dsss die fragliche Wirkung von der Röhre ausging. Um darüber sicher zu gehen, traf ich alle erdenklichen Sicherheitsmassregeln: so wurde das Induktorium nebst Unterbrecher in grösstmöglicher Entfernung aufgestellt, und der Kohärer durch passende Bleiumhüllungen der genannten Instrumente gegen eventuelle von denselben ausgehende Wirkungen geschützt. Wurde unter den so geschaffenen Bedingungen die Röntgenröhre ausgeschaltet, so war durch Herstellung einer Funkenstrecke, auf die der Kohärer ohne Abschirmung sicher reagiert hätte, ein Ansprechen des Kohlschen Apparates durchaus nicht zu erreichen. Wurde die Röhre wieder eingeschaltet, so war das Ansprechen wieder da.

Es mag hier gleich bemerkt werden, dass genügende Sorgfalt darauf verwandt wurde, dass nicht etwa von Zuleitungsdrähten ausgehende Fünkchen eine Täuschung verursachen konnten. So blieb schliesslich keine andere Deutungsweise übrig, als dass ich es hier mit Wirkungen zu thun hatte, die von der Röntgenröhre als solcher ausgingen.

Sehr auffällig war einer der ersten Versuche gewesen, bei welchem zwei sehr dicke, zwischen Kohärer und Röhre gehaltene Glasplatten die Wirkung auf ersteren bedeutend herabminderten. Man konnte danach glauben, eine Wirkung vor sich zu haben, die von den Röntgenstrahlen selbst hervorgerufen wurde. Für eine durch elektrische Wellen bedingte Wirkung sprach dagegen der Umstand, dass mit dem Apparat in Verbindung gesetzte Metallflügel eine bedeutende Erhöhung der Wirkung hervorbrachten. Vielleicht konnten sich auch beide angedeuteten Einflüsse in ihrer Wirkung verstärken. Bemerkenswert ist jedenfalls, dass bei einem späteren Versuche ein sehr dünnes Glimmerblättchen die sonst deutliche Wirkung auf den Kohärer des Kohlschen Apparates ganz erheblich herabsetzte, ein Einfluss, der bei wiederholtem Versuche allerdings auch dann gefunden wurde, wenn das Glimmerblättchen seitlich vom Apparat gehalten wurde. Nachdem sich aber im weiteren Verlaufe der Untersuchungen herausgestellt hat, dass bei diesen sämtlichen Versuchen mit Röntgenröhren aller Wahrscheinlichkeit nach nur Wirkungen von elektrischen Oscillationen auf den Kohärer in Erscheinung getreten sind, erklärt sich wohl die soeben erwähnte Thatsache, in der von Professor Voller geäusserten Weise, dass das Glimmerblättchen feucht gewesen ist und infolgedessen wie ein Leiter gewirkt hat. Ähnliches mag auch für den vorhin erwähnten Versuch mit den vorgehaltenen Glasplatten gelten. Denn bei einem anderen Versuche mit einem selbst angefertigten Kohärer aus Messingfeilicht reagierte der Kohärer ebenfalls, jedoch war die schirmende Wirkung der früher benutzten Glasplatten eine äussserst schwache; bei späteren Versuchen schliesslich, bei denen ich mit dem zuerst angewandten und mit einer Reihe selbst angefertigter Kohärer ein deutliches Ansprechen erreichte, war von einer schirmenden Wirkung dicker Glasplatten überhaupt nichts mehr zu spüren.

Ich änderte sodann die Versuche in der Weise ab, dass ich die Kohärer mit einigen Elementen in einen mit Blei ausgeschlagenen Kasten brachte, die Zuleitungsdrähte zu den Elementen und dem Kohärer durch die Wandung des Kastens hindurchführte und sodann durch die Wandung eines zweiten, mit Blei ausgeschlagenen Kastens zu einem mit regulierbarem Widerstand verbundenen Milliampèremeter leitete. An diesem Kasten war ein Metallrohr angebracht, über dessen Mündung feinmaschige Drahtgaze gespannt war, um die Bewegung des Milliampèremeterzeigers verfolgen zu können. Die zwischen den beiden Kästen befindlichen Zuleitungsdrähte wurden mit einem Bleimantel umgeben. In dem ersten mit Blei ausgeschlagenen Kasten wurde ein viereckiger Ausschnitt angebracht, vor welchem ein oder zwei so dünne Aluminiumplatten befestigt wurden, dass Röntgenstrahlen sie mit Leichtigkeit durchdringen mussten. Nachdem in dieser Weise die ganze Anordnung so gesichert war, dass irgendwie erzeugte elektrische Wellen nicht mehr auf den Kohärer einwirkten, war auch bei einer Röntgenröhre, von der eine durchaus kräftige Röntgenstrahlung ausging und die den nicht durch Metall geschützten Kohärerkreis stark beeinflusste, kein Ansprechen des Kohärers mehr zu erreichen. Hieraus scheint jedenfalls so viel hervorzugehen, dass Röntgenstrahlen als solche auf einen gewöhnlichen Kohärer keine Wirkung ausüben. Ich untersuchte nun verschiedene Röntgenröhren und fand dabei, dass sich unter keinen Umständen — wie auch die Stromstärke variiert wurde — eine Wirkung auf Kohärer verschiedenster Art zeigte, obwohl dieselben zum Teil gegen gewöhnliche elektrische Wellen äusserst empfindlich waren.

Bei der Untersuchung einer kleineren Röhre, die ein sehr unstetes grünes Licht zeigte, fand wieder zeitweise ein deutliches Ansprechen des Kohärers statt. Es zeigte sich bald, dass ein Ansprechen jedenfalls immer nur dann eintrat, wenn grünes Licht in der Röhre aufleuchtete, ohne dass jedoch das grüne Aufleuchten immer mit einem Ansprechen des Kohärers verbunden gewesen wäre. Bei genauerem Nachforschen stellte es sich heraus, dass vielfach mit dem Aufleuchten des grünen Lichtes das Aufblitzen eines winzigen Gleitfünkchens[1]) in der Röhre Hand in Hand ging, derart, dass diese Fünkchen nur unter der angegebenen Bedingung sichtbar wurden, ohne dass jedoch das Aufleuchten des grünen Lichtes notwendig von der Erscheinung der Fünkchen begleitet war. Waren diese beiden Phänomene miteinander verknüpft, so erfolgte auch sicher ein Ansprechen des Kohärers. Es mag hier erwähnt werden, dass derartige wirksame Gleitfünkchen, die sich während der Dauer der Untersuchungen bei den verschiedensten Röntgenröhren älterer und neuerer Konstruktion fast ausschliesslich an der Antikathode zeigten, vielfach von einer beträchtlichen Grösse, zumeist aber so winzig klein waren, dass ich dieselben nur bei Ausschaltung aller sonstigen Lichtquellen, nachdem sich das Auge an die Dunkelheit gewöhnt hatte, erkennen konnte. Immer aber waren diese Fünkchen die „conditio sine qua non" für das Einsetzen der Kohärerwirkung. Aus allen meinen Versuchen mit Röntgenröhren — die ich, um nicht voreilige Schlüsse zu machen, vielfach wiederholt habe — scheint also so viel hervorzugehen, dass die sichtbare Wirkung auf den Kohärer von elektrischen, von der Röhre ausgehenden Wellen herrührt und zwar, dass die erwähnten Gleitfünkchen eine notwendige Vorbedingung oder jedenfalls notwendige Begleiterscheinung sind. Ob die wesentliche Wirkung von den Fünkchen als solchen oder von anderen Wirkungen, die notwendig mit der Fünkchenbildung verknüpft sind, ausgeht, mag einstweilen dahingestellt bleiben. Für die erstere Auffassung würde eine Beobachtung sprechen, bei der die Stellung des Kohärers zum Ausgangspunkte der Fünkchen für das Ansprechen resp. Nichtansprechen des Kohärers ausschlaggebend war. Andererseits ist mir ein Versuch, bei welchem der mehrfach genannte Kohlsche Apparat ausgezeichnet ansprach, aufgefallen, insofern ich immer nur an der dem Apparate abgewandten Seite der Ansatzstelle der Antikathode ein Fünkchen wahrnehmen konnte.

Hernach habe ich die Untersuchungen auch auf eine grössere Anzahl gewöhnlicher Geisslerscher Röhren ausgedehnt und bin auch hier zu dem Resultate gelangt, dass ein Ansprechen verschiedener, zum Teil für gewöhnliche elektrische Wellen sehr empfindlicher Kohärer immer nur dann eintrat, wenn Gleitfünkchen vorhanden waren — letztere waren bei diesen Röhren meist ganz besonders winzig. Hin und wieder war es mir durchaus unmöglich, ein Ansprechen zu erreichen, und ich habe dann auch nie diese Fünkchen wahrnehmen können.

Unter Berücksichtigung dieser Thatsachen muss man den Schluss, welchen M. Cantor (siehe Wied. Ann. 67, S. 481—484) aus seinen Versuchen mit einem Kohärer in Bezug auf eine schon von Hertz untersuchte Entladungsform der Elektrizität in verdünnter Luft zieht, doch wohl mit einiger Vorsicht hinnehmen. Während sich Hertz nach Anstellung umfassender Versuche über die Entladung der Elektrizität in verdünnten Gasen bei Anwendung konstanter Batterien von genügend kleinem

1) Ich bezeichne als Gleitfünkchen jene Fünkchen, welche innerhalb der Röhre an den Metallzuführungen auf- und abzugleiten scheinen.

Widerstande zu der Ansicht neigte, dass die Entladung hier kontinuierlich erfolge, wenn er sich auch klar bewusst war, dass der Ausfall seiner Versuche sowohl die Annahme einer kontinuierlichen Entladung als auch diejenige eines sehr rasch erfolgenden Wechsels offen liessen, schliesst Cantor aus seinen Versuchen über eben diese Entladungsform bei Verwendung eines Kohärers als Reagensmittel, dass die Entladung diskontinuierlich sei. Er hat sich eine spätere Entscheidung darüber vorbehalten, ob die Oszillationen nur in der Gasstrecke oder in der ganzen Schliessung auftreten. Bei meinen Versuchen haben sich nun gewöhnliche Kohärer der verschiedensten Art als ungeeignet erwiesen, die ausser Zweifel gestellten Oszillationen in von einem Induktorium gespeisten Geisslerschen- oder Röntgenröhren unter allen Umständen anzuzeigen: sie reagierten, wie gesagt, immer nur dann, wenn gleichzeitig die winzigen Fünkchen auftraten. Nun ist es ja nicht gerade ausgeschlossen, dass dieselben Kohärer auf die sehr schnellen Oszillationen, die man, wenn man sich für Diskontinuität entscheidet, bei der von Cantor untersuchten Entladungsform annehmen müsste, unter allen Umständen reagiert hätten, jedoch scheint es mir nach den Ergebnissen meiner Versuche nötig, die Cantorschen Versuche daraufhin nachzuprüfen, ob nicht auch bei ihnen ähnliche Fünkchen im Spiel gewesen sind und die wesentliche Wirkung auf den Kohärer ausgeübt haben. Überhaupt wäre es wünschenswert, dass man der Natur jener Fünkchen und den Beziehungen derselben zu den sonstigen Entladungsvorgängen in evakuierten Röhren genauer nachspürte.

Ein Einfluss der Röntgenstrahlen auf den Kohärer hat sich, wie wir sahen, aus meinen Versuchen nicht ergeben — ich stellte auch eine Reihe von Beobachtungen mit dem von Neugschwender angegebenen Antikohärer an. Jedenfalls ist derselbe nicht gross genug, um mit den gewöhnlichen Beobachtungsmethoden nachgewiesen zu werden. Auch einen Einfluss von Becquerelstrahlen auf den Kohärer habe ich bei einer rohen Versuchsanordnung nicht konstatieren können, worauf ich jedoch wenig Gewicht legen möchte.

Hamburg, Physikalisches Staatslaboratorium.

(Eingegangen 2. Dezember 1900.)

Innere Reibung plastischer und fester Körper.

(Mitteilung aus dem physikalischen Institute der Universität Erlangen.)

Von R. Reiger.

Historisches.

Die Dämpfung der Torsionsschwingungen gab zuerst Anlass zur Einführung des Begriffes der inneren Reibung fester Körper (O. E. Meyer 1861 und W. Thomson 1865), nachdem bereits das Vorhandensein eines inneren Widerstandes bei der Dämpfung von W. Weber[1]) dadurch nachgewiesen war, dass auch im luftleeren Raum die Schwingungen eines festen Körpers nach kurzer Zeit erloschen.

Der erste Versuch einer quantitativen Bestimmung des Koeffizienten der inneren Reibung stammt von O. E. Meyer[2]). Unter der Annahme, dass die Reibung in einem Drahte denselben Gesetzen gehorcht, wie bei Flüssigkeiten, ergiebt sich aus seinen Beobachtungen für Messing $\eta = 3 \cdot 10^8$ [$cm^{-1}\,g\,sec^{-1}$] die Thatsache, dass viele Körper gegen Stoss spröde, gegen langsam wirkende Deformationen sich wie Flüssigkeiten verhalten, führt A. v. Obermeyer[3]) dazu, sie als Flüssigkeiten mit grosser innerer Reibung aufzufassen. Er findet für Schwarzpech $\eta = 4 \cdot 10^9$, für Storax $\eta = 134 \cdot 10^9$. Durch Vergleichung der elastischen Nachwirkung bei einem Stab aus Marineleim und einem Stab aus Stahl berechnet C. Barus[4]) für Stahl den Koeffizienten der inneren Reibung zu $\eta = 25 \cdot 10^{15}$. Aus der Geschwindigkeit, mit der die scheerende Deformation bei einem gedrillten Drahte wächst, findet er dann direkt für harten Stahl $\eta = 1 \cdot 10^{17}$ bis $6 \cdot 10^{17}$ und für weichen Stahl $\eta = 6 \cdot 10^{17}$ bis $6 \cdot 10^{18}$. Für Kupfer und Nickel, die allein von allen Metallen der von ihm aufgestellten Theorie gehorchen, berechnet W. Voigt[5]) die Reibungskonstanten und findet für die Konstanten, die den Beobachtungen über innere Reibung bei Flüssigkeiten entsprechen: $\eta_K = 3{,}73 \cdot 10^6$ und $\eta_N = 12{,}5 \cdot 10^6$. Endlich hat noch A. Heydweiller[6]) nach der Transpirationsmethode (aus der Geschwindigkeit der Niveauänderung einer durch eine Verengung einer Röhre gepressten Substanzsäule) den Koeffizienten der inneren Reibung für festes Menthol bestimmt. Er war bei $38{,}7^0$ $\eta = 0{,}29 \cdot 10^{10}$, bei $14{,}9^0$ $\eta = 209 \cdot 10^{10}$.

Der Koeffizient der inneren Reibung.

Ein Mittel zu der Bestimmung des Koeffizienten der inneren Reibung giebt die Max-

1) Comm. Gott. Soc. **VIII**, 20, 1841.
2) Pogg. Ann. **113**, 77, 1861.
3) Wien. Ber. **LXXV**, 2. Abt. Aprilheft 1877.
4) Phil. Mag. (5) **29**, 337, 1890.
5) Wied. Ann. **47**, 671, 1892.
6) Wied. Ann. **63**, 56, 1897.

wellsche Auffassung an die Hand. In der Einleitung seiner Abhandlung über kinetische Gastheorie[1]) entwickelt Maxwell, unabhängig von Hypothesen über die Konstitution der Körper, einen Ausdruck für den Koeffizienten der inneren Reibung, der für alle Aggregatzustände gültig ist. Wird einem Körper eine Deformation S erteilt, so ist die dadurch hervorgerufene innere Spannung F (oder die dadurch bedingte elastische Kraft) nach dem Hookeschen Gesetze

$$F = ES,$$

wenn E der Elastizitätsmodul ist. Bei einem Körper ohne innere Reibung wird $F = ES$ bleiben und es ist dann auch

$$\frac{dF}{dt} = E\frac{dS}{dt}.$$

Ist dagegen eine innere Reibung vorhanden, so wird die innere Spannung sich ausgleichen. F wird abnehmen und schliesslich verschwinden. Diese Abnahme setzt Maxwell proportional F. Dann wird:

$$\frac{dF}{dt} = E \cdot \frac{dS}{dt} - \frac{F}{T},$$

wo T zunächst eine Konstante von den Dimensionen einer Zeit ist. Bleibt S konstant, so ergiebt sich:

$$F = ESe^{-\frac{t}{T}}.$$

Die Konstante T ist mithin die Zeit, in der die innere Spannung auf $\frac{1}{e}$ ihres Betrages herabsinkt. Maxwell nennt diese Zeit Relaxationszeit.

Im Falle der stationären Bewegung ist $\frac{dS}{dt}$ konstant und daher

$$F = ET\frac{dS}{dt} + ce^{-\frac{t}{T}},$$

die Grösse $\varrho = ET$, mit der die Verschiebungsgeschwindigkeit multipliziert werden muss, um den Grenzwert zu erhalten, dem sich F mit wachsender Zeit nähert, ist der Koeffizient der inneren Reibung. Der Reibungskoeffizient lässt sich also auffassen als das Produkt aus zwei Grössen, von denen die eine die Relaxationszeit, die andere der Elastizitätsmodul für die betreffende Art der Deformation ist. Die Dimension von ϱ ist, da $E = [\text{gr cm}^{-1} \text{sec}^{-2}]$

$$\varrho = [gr\ cm^{-1}\ sec^{-1}].$$

Relaxationszeit.

Die Relaxationszeit ist natürlich für die verschiedenen Aggregatzustände wesentlich verschieden. Für Luft berechnete sie Maxwell zu $T = 2 \cdot 10^{-10}$ Sekunden. Für Flüssigkeiten ist T noch sehr klein und entzieht sich der Beobachtung. Nur die Colloide und Öle scheinen eine grössere Relaxationszeit zu haben. Daher gelang es mit den bisherigen Mitteln auch nur bei kolloidalen Lösungen und Ölen auf mechanischem Wege eine innere Spannung hervorzurufen (die in der Beobachtung von accidenteller Doppelbrechung ihren Ausdruck findet.[1]) Aus der geringen Grösse von T folgt unmittelbar das hydrostatische Grundgesetz. Beim Übergang zur plastischen und festen Konsistenz wächst T bedeutend und nähert sich mit sinkender Temperatur immer mehr dem Zustande, wo T unendlich gross oder doch wenigstens unmessbar gross wird.

Elastizitätsmodul.

Der Modul ist für die verschiedenen Arten der Deformationen verschieden. Bei der Bestimmung des Koeffizienten der inneren Reibung von Flüssigkeiten, bedient man sich des einfachsten Falles der reinen Gestaltsänderung, der einfachen Schiebung oder Scheerung. Man wird daher am besten auch hier den Modul C der scheerenden Deformation wählen. Ist E der Modul der Längsdehnung und μ das Verhältnis der Querkontraktion zur Längendilatation, so ist der Modul der scheerenden Deformation

$$C = \frac{E}{2(1+\mu)}.$$

Methode.

Da E und μ nach bekannten Methoden sich bestimmen lassen, so handelt es sich in erster Linie um die Bestimmung der Relaxationszeit T.

Ein genaues Mass der im Inneren eines Körpers vorhandenen inneren Spannung bietet die accidentelle Doppelbrechung. Bei konstanter Deformation (Kompression durch Presse oder Dehnung mittels Dehnungsapparat) kann daher die Relaxationszeit aus dem Abklingen der Doppelbrechung bei plastischen und festen Körpern bestimmt werden. Ist D der Gangunterschied der beiden Strahlenkomponenten, F die durch die Deformation S hervorgerufene innere Spannung (oder elastische Kraft) und K ein Proportionalitätsfaktor, so ist zur Zeit t:

$$D = K \cdot F = K \cdot ESe^{-\frac{t}{T}}$$

zur Zeit t': $\quad D' = KF'\ KESe^{-\frac{t'}{T}}$

1) Phil. Mag. 35, 133—135, 1868

1) Kundt, Wied. Ann. 13, 110, 1881. — G. de Metz, Wied. Ann. 35, 497, 1888. — Umlauf, Wied. Ann. 45, 304, 1892. — Almy, Beibl. 22, 156, 1898. — Gill, Phil. Mag. 48, 485, 1899.

mithin $$\frac{D}{D'} = e^{\frac{t'-t}{T}}$$

und $$T = \frac{t'-t}{lg D - lg D'}$$ [1]).

Bei den Untersuchungen empfahl es sich, zunächst von plastischen Körpern auszugehen, da hier jedenfalls die Strukturverhältnisse einfacher gelagert sind und der plastische Zustand infolge der immerhin noch rasch erfolgenden Relaxation quantitativen Bestimmungen weit zugänglicher ist. Bei dem grossen Einfluss, den selbst kleine Temperaturschwankungen auf die Vorgänge der Relaxation ausüben, wird es für feste Körper, wo der Spannungsrückgang infolge der Relaxation ein sehr kleiner ist, immer schwierig sein, absolute Resultate von hoher Genauigkeit zu erzielen. Es wurde daher vor der Hand für plastische Körper und dann auch für feste Körper in Nähe des plastischen Zustandes der Koeffizient der inneren Reibung bestimmt.

Kolophonium.

Versuche mit plastischem Kolophonium ergaben in Übereinstimmung mit der Maxwellschen Annahme eine konstante Relaxationszeit unabhängig von der Zeit, die zwischen Deformation und Beobachtung verstrichen war. Als Beispiel diene folgende Beobachtungsreihe:

Relaxation bei 40^0

δ	$t'-t$ (sec)	Δ	T (sec)
2,067	—	—	—
1,538	100	0,129	780
1,038	195	0,297	650
0,299	570	0,838	680
0,041	1185	1,701	700
0,025	1360	1,915	710

Bei festem Kolophonium zeigte sich anfangs nach einer Kompression keine Relaxation — im Gegenteil es war sogar eine Zunahme der inneren Spannung zu beobachten bis ein Spannungsmaximum erreicht war, dann trat auch hier Relaxation ein wie oben. Während bei 30^0 bereits nach 26 Minuten das Spannungsmaximum erreicht war, trat es bei 13^0 erst nach mehreren Tagen ein.

Der Elastizitätsmodul wurde teils aus der Tonhöhe transversalschwingender Stäbe, teils mittels der Warburgschen Methode[2]) der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit ermittelt. Eine Bestimmung von μ liess die Sprödigkeit des Materials nicht zu, doch da $0,3 < \mu, < 0,5$, so ergab sich eine untere und obere Grenze für η. Die Änderung des Koeffizienten η mit der Temperatur veranschaulicht die folgende Tabelle:

Temperatur	Relax.-Z. T	R.-C. η
55^0	$40''$	—
50^0	$140''$	—
46^0	$250''$	$2,5 \cdot 10^{12} - 3,0 \cdot 10^{12}$
43^0	$350''$	$3,5 \cdot 10^{12} - 4,2 \cdot 10^{12}$
40^0	$700''$	$7 \cdot 10^{12} - 8,4 \cdot 10^{12}$
36^0	$2000''$	$2 \cdot 10^{13} - 2,4 \cdot 10^{13}$
30^0	$14 \cdot 10^{3}{}''$	$1,4 \cdot 10^{14} - 1,7 \cdot 10^{14}$
ca. 12^0	ca. $4,1 \cdot 10^{6}{}''$	ca. $1 \cdot 10^{17}$

Da Kolophonium neben Terpentinöl bei der Destillation von Harz gewonnen wird, so wird der Gehalt von Terpentinöl ein schwankender sein. Es erschien daher von Interesse, den Einfluss von Terpentinöl auf die Relaxationszeit näher zu untersuchen. Es ergab ein Zusatz von Terpentinöl eine Herabsetzung der Relaxationszeit, die um so grösser war, je grösser der Terpentinölzusatz. Bei einer Mischung, bei der auf 5 Teile Kolophonium 1 Teil Terpentinöl traf, betrug die Relaxationszeit bei 10^0 nur noch $55''$.

Wasserhaltige Gelatinemembranen.

Bei höheren Temperaturen erfolgte die Relaxation auch hier regelmässig, während bei niederern Temperaturen wiederum ein anfängliches Steigen der inneren Spannung zu beobachten war, das sich bei Zimmertemperatur auf mehrere Tage erstreckte.

In erster Linie ist natürlich hier der Wassergehalt auf die Grösse der Relaxationszeit von Einfluss. Zusätze von Glycerin, Gummiarabicum und Rohrzucker, die nach E. Fraas [1]) auf den Modul keinen Einfluss haben, vergrössern die Relaxationszeit, während ein Zusatz von Salzen, Modul und Relaxationszeit verkleinert. Bei 29^0 ergab sich z. B.

Gel. in 100 ccm Lös.	Zusatz	T	η
20	—	600	$4 \cdot 10^7$
40	—	2500	$3,3 \cdot 10^8$
20	40 ccm Glycerin	3500	$2,1 \cdot 10^8$
20	10 g Zucker	1400	$9,2 \cdot 10^7$
20	10 g Gummi arab.	1700	$1,2 \cdot 10^8$
20	10 g Salz	?	ca. $7 \cdot 10^6$
	10 g Salz bei 27^0 $620''$		

Die geringe Grösse des Koeffizienten der inneren Reibung hat ihren Grund in der geringen Grösse des Moduls, denn die Relaxationszeit ist ja verhältnismässig gross, wenn man bedenkt, dass 29^0 bereits in der Nähe des Schmelzpunktes liegt.

1) Zur Bestimmung des Gangunterschiedes D diente der Babinetsche Kompensator. Statt D ist in den folgenden Tabellen die Verschiebung δ des Centralstreifens des Bab. Komp. angegeben. Ist n der Abstand zweier Fransen, so ist ja: $lgD - lgD' = lg\frac{\delta}{n} - lg\frac{\delta'}{n} = lg\delta - lg\delta'$.

2) Pogg. Ann. **136**, 285, 1869.

1) Wied. Ann. **53**, 1074, 1894.

Reine ausgetrocknete Gelatine.

Eine Reihe interessanter Erscheinungen zeigte sich bei reiner ausgetrockneter Gelatine. Wurde eine Platte erwärmt, so trat zunächst ein Steigen, und erst nach längerer Zeit eine Abnahme der Spannung ein. Diese Spannungsabnahme erfolgte anfangs rasch, dann immer langsamer und näherte sich einem Punkt, bei dem selbst innerhalb langer Zeit kein Rückgang der Spannung zu beobachten war. Liess man die Gelatineplatte sich abkühlen, so trat ein weiterer Rückgang der Spannung ein. Ein vollständiges Verschwinden der inneren Spannung trat ein, wenn man die Temperatur nur hoch genug steigerte. Bei 110^0—130^0 blähte sich eine nicht zu dünne Platte auf. Diese Erscheinung hat wohl darin ihren Grund, dass beim Trocknen zuerst das Wasser der äusseren Schichten verdampft, und das der inneren dann durch das inzwischen fest gewordene Tagmengerüste nur noch langsam diffundieren kann. Wird die Membran stark erhitzt, so dehnt sich der Wasserdampf aus und bläht die Platte auf, da die äusseren Schichten ihm keinen Durchgang gestatten. Damit in Einklang steht auch die Thatsache, dass nur mehrere Wochen ausgetrocknete Platten raschere Relaxation zeigten als Platten, die ca. $^1/_4$ Jahr ausgetrocknet waren. Die ersteren blähten sich auch schon bei niedereren Temperaturen auf.

Rasch gekühlte Gläser.

Ich führe hier noch einiges über Versuche mit rasch gekühlten Gläsern an. Es liess sich natürlich von vornherein erwarten, dass hier ebensowenig wie bei ausgetrockneter Gelatine eine regelmässige Relaxation (nach der Maxwellschen Annahme) zu beobachten war. Man hat es ja hier mit Deformationen zu thun, für die das Hookesche Gesetz nicht gültig ist und damit auch die Maxwellsche Ableitung keine Gültigkeit beanspruchen kann, da sie ja auf dem Hookeschen Gesetz basiert.

Beim Erwärmen zeigte sich bei Flint- und Crownglas ein Wachsen der inneren Spannung (mitunter bis zum doppelten des ursprünglichen Betrages). Bei weiterem Erwärmen trat dann eine Abnahme der Spannung ein, die anfangs rasch und dann immer langsamer erfolgte. Bei der Abkühlung trat eine weitere Abnahme der inneren Spannung ein und zwar auch hier anfangs rasch, dann immer langsamer und schliesslich war sogar wieder ein Spannungszuwachs zu beobachten.

Bei konstanter Temperatur gestalteten sich die Beobachtungen schwierig, da Schwankungen um einige Grad bei den hohen Temperaturen nicht zu vermeiden sind. Selbst kleine Schwankungen ergaben aber einen Einfluss auf die Grösse der inneren Spannung. Aus den Beobachtungen, bei denen es gelang, die Temperatur wenigstens längere Zeit einigermassen konstant zu erhalten, ergab sich ein Wachsen der Spannung mit der Zeit und wenn sich die Beobachtung auf längere Zeit erstreckte, gelangte auch eine darauffolgende Relaxation zur Beobachtung. Als Beispiel möge folgende Tabelle dienen:

Zeit (Minuten)	Temp.	δ
75'	323^0	0,574
120'	327^0	0,711
195'	328^0	0,614
225'	327^0	0,599

Elastische Nachwirkung.

Bei plastischen Körpern liesse sich die elastische Nachwirkung unmittelbar aus der Relaxation erklären. Im ersten Moment wird die elastisch-plastische Masse als elastischer Körper eine Deformation erfahren, bis die durch die Deformation hervorgerufene elastische Kraft der deformierenden Kraft das Gleichgewicht hält. Fände in der plastischen Masse kein Ausgleich der inneren Spannung statt, so würde die elastische Kraft konstant bleiben, so lange die deformierende Kraft keine Veränderung erfährt. Da aber thatsächlich ein Ausgleich der inneren Spannung durch die Relaxation erfolgt, so wird eine Störung des Gleichwichts zwischen inneren und äusseren Kräften eintreten. Das wird einen Zuwachs der Deformation zur Folge haben, bis die durch die Zunahme der Deformation hervorgerufene neue elastische Kraft der Abnahme der ursprünglichen elastischen Kraft infolge der Relaxation der inneren Spannung gleich ist.

Bei festen Körpern liegen nun die Verhältnisse wesentlich komplizierter. Hier wird jedenfalls die elastische Nachwirkung zum grössten Teil auf das Steigen der inneren Spannung, wie es auch bei konstanter Deformation auftrat, zurückzuführen sein. Die Relaxation der inneren Spannung wird im Anfang keinen wesentlichen Teil der beobachteten Nachwirkung ausmachen, doch wird wohl auch hier die erste Erscheinung gegenüber der Relaxation mit der Zeit verschwinden. Die Nachwirkung würde sich dann als Superposition von mindestens zwei Erscheinungen ergeben.

Die elastische Nachwirkung bei konstanter deformierender Kraft lässt sich also bei plastischen Körpern wohl auf eine Relaxation der elastischen Kraft zurückführen, bei festen Körpern dagegen ist wohl der grösste Teil der beobachteten Nachwirkung auf ein anfängliches Steigen der inneren Spannung, wie es auch bei konstanter Deformation zu beobachten ist, zurückzuführen.

Resultate.

Bei den untersuchten Substanzen erfolgt die Relaxation in plastischem Zustand in Übereinstimmung mit der Maxwellschen Annahme, im festen Zustand tritt zunächst ein Steigen der inneren Spannung bis zu einem Maximum ein und dann erst eine Relaxation.

Für die untersuchten Substanzen liessen sich daher die Koeffizienten der inneren Reibung bestimmen.

Relaxationszeit und Koeffizient der inneren Reibung wachsen mit sinkender Temperatur sehr rasch.

Bei Kolophonium steigt der Reibungskoeffizient von ca. $3 \cdot 10^{12}$ bei 46^0 bis ca. $1 \cdot 10^{17}$ bei ca. 12^0.

Eine regelmässige Relaxation ist nur innerhalb des Gültigkeitsgebietes des Hookeschen Gesetzes zu beobachten. Bei ausgetrockneter Gelatine erfolgte nach Erreichung des Spannungsmaximums die Relaxation anfangs rasch, dann immer langsamer, bis schliesslich selbst innerhalb langer Zeit keine merkliche Änderung mehr eintrat. Auch bei rasch gekühltem Glas war bei Temperaturen über 300^0 eine Relaxation zu beobachten.

(Eingegangen 6. Dezember 1900.)

Über eine bequeme Kompensationsmethode für kleine elektromotorische Kräfte.

Von St. Lindeck.

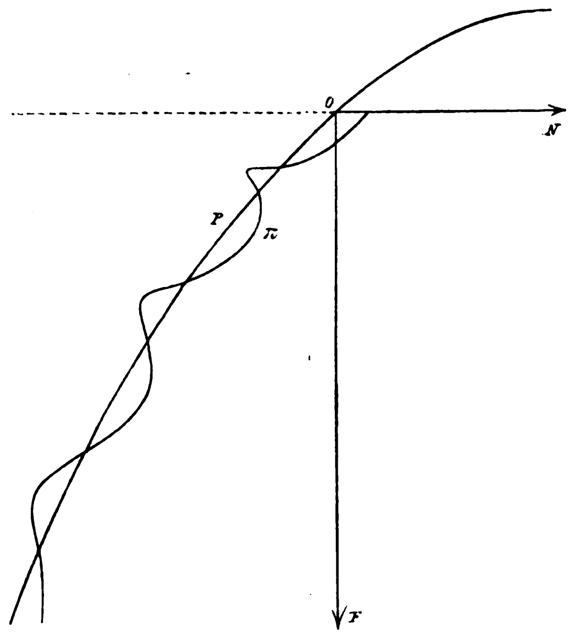
Zu der in dieser Zeitschrift **2**, 152, 1900 unter dem obigen Titel veröffentlichten Mitteilung von Hrn. E. Bose möchte ich mir die Bemerkung erlauben, dass die darin beschriebene Methode, die auf der Verwendung der jetzt zur Verfügung stehenden vorzüglichen Präzisions-Zeigerinstrumente mit beweglicher Stromspule beruht, in der Reichsanstalt seit mehreren Jahren bei der Prüfung von Thermoelementen erfolgreich verwandt wird; sie ist im Thätigkeitsbericht der Reichsanstalt für 1898 (Zeitschr. f. Instrkde. **19**, 249, 1899, vgl. auch Elektrotechn. Zeitschr. **20**, 643, 1899) bereits kurz beschrieben. Eine ausführliche Mitteilung über eine derartige nach den Angaben der Reichsanstalt von Siemens & Halske A.-G. ausgeführte Kompensationsschaltung findet sich in der Abhandlung von Lindeck und R. Rothe, „Über die Prüfung von Thermoelementen für die Messung hoher Temperaturen" (Zeitschr. f. Instrkde. **20**, 285, 1900).

(Eingegangen 17. Dezember 1900.)

Bewegung eines elektrischen Teilchens in einem Felde elektrostatischer und elektromagnetischer Kraft.

Von Eduard Riecke.

Im Jahre 1881 habe ich in den Göttinger Nachrichten und in Wiedemann's Annalen eine Untersuchung über die Bewegung eines elektrischen Teilchens in einem homogenen magnetischen Felde veröffentlicht. Die gefundenen Sätze haben später durch die an die Erscheinungen der Kathodenstrahlen sich knüpfenden Massbestimmungen erhöhte Bedeutung gewonnen. Mit Rücksicht auf verschiedene Er-



scheinungen, bei denen sowohl elektrische als magnetische Kräfte im Spiele sind, schien es mir nützlich, die frühere Untersuchung auf den Fall auszudehnen, dass ein homogenes magnetisches Feld mit einem homogenen elektrischen sich überlagert. Die ausführliche Rechnung werde ich in den Annalen der Physik mitteilen. Hier sei nur über das Resultat berichtet.

Das betrachtete elektrische Teilchen besitze die Ladung ε, die ponderable Masse μ. Wir ziehen durch einen Punkt O die Richtungen der magnetischen Kraft $\mathfrak{H}$ und der elektrischen Kraft $\mathfrak{F}$; sodann errichten wir in O auf der Ebene $\mathfrak{H}\mathfrak{F}$ eine Senkrechte N, so dass die Reihenfolge $N\mathfrak{H}\mathfrak{F}$ eine positive ist. Durch das Teilchen ε legen wir 3 Ebenen senkrecht zu $\mathfrak{H}$, $\mathfrak{F}$ und N. Ihre Schnittpunkte mit den Achsen bezeichnen wir mit h, f und n, und dieselben Buchstaben bezeichnen auch die Abstände dieser Punkte von dem gemeinsamen Anfangspunkt O der Achsen $\mathfrak{H}$, $\mathfrak{F}$, N. Dann ergeben sich die Gleichungen:

$$\frac{d^2h}{dt^2} = \frac{\varepsilon}{\mu}\,\mathfrak{F}\cos(\mathfrak{H},\mathfrak{F}),$$

$$\mu\frac{d^2f}{dt^2} = \varepsilon\,\mathfrak{F} + \frac{\varepsilon}{v}\,\mathfrak{H}\sin(\mathfrak{H},\mathfrak{F})\frac{dn}{dt},$$

$$\mu\sin(\mathfrak{H},\mathfrak{F})\frac{d^2n}{dt^2} = -\frac{\varepsilon\,\mathfrak{H}}{v}\frac{df}{dt} + \frac{\varepsilon\,\mathfrak{H}}{v}\cos(\mathfrak{H},\mathfrak{F})\frac{dh}{dt}.$$

Die Lösung der Gleichungen ist gegeben durch die Formeln:

$$h = \frac{\varepsilon\,\mathfrak{F}}{2\mu}\cos(H,F)\,t^2 + C_0\,t + h_0;$$

$$f = \frac{\varepsilon\,\mathfrak{F}\cos^2(\mathfrak{H},\mathfrak{F})}{2\mu}\,t^2 + C_0\cos(\mathfrak{H},\mathfrak{F})\,t$$
$$+\, d\sin(\mathfrak{H},\mathfrak{F})\sin\left(\frac{\varepsilon\,\mathfrak{H}}{v\,\mu}t - \delta\right);$$

$$n = -\frac{\mathfrak{F}}{\mathfrak{H}}\sin(\mathfrak{F},\mathfrak{H})\,v\,t + d\cos\left(\frac{\varepsilon H}{v\,\mu}t - \delta\right).$$

In der Ebene der zu einander senkrechten Achsen $\mathfrak{F}$ und N konstruieren wir den Punkt π, dessen Koordinaten durch f und n gegeben sind. Die räumliche Lage des Teilchens ε erhalten wir dann in der folgenden Weise. Wir bestimmen die gleichzeitige Lage des Punktes h auf der Achse $\mathfrak{H}$ und legen durch ihn eine Ebene senkrecht zu $\mathfrak{H}$; wir errichten in π ein Lot auf der Ebene $\mathfrak{F}N$; der Punkt, in dem es von der zu $\mathfrak{H}$ senkrechten Ebene geschnitten wird, giebt die augenblickliche Lage von ε.

In der Ebene $\mathfrak{F}N$ durchläuft der Punkt π die in der Figur gezeichnete cykloidenartige Kurve; die Achse der Cykloide ist eine Parabel, die erzeugende Kurve ist kein Kreis, sondern eine Ellipse, und die Bögen der Cykloide wachsen während der Bewegung.

Die Ergebnisse der Untersuchung dürften Anwendung finden auf die Erscheinungen in der Nähe der Kathode, auf die Veränderung und Neubildung von Schichten unter magnetischer Wirkung und auf die Erscheinung des Nordlichtes.

(Eingegangen 23. Dezember 1900.)

Bemerkung zu der Mitteilung von Rutherford und Mc. Clung über die Energie der Becquerel- und Röntgenstrahlen etc.

Von Ernst Dorn.

In dieser Zeitschrift ist kürzlich [1]) über bolometrische Versuche zur Bestimmung der Energie der Röntgenstrahlen berichtet worden.

Frühere Arbeiten, welche das gleiche Ziel verfolgen, sind hier nicht erwähnt; ich möchte daher zunächst darauf hinweisen, dass ich selbst [2]) bereits vor mehr als 3 Jahren eine absolute Messung der Energie der Röntgenstrahlen vermittelst eines empfindlichen Differential-Luftthermometers durchführte, und dass meine Resultate in der auf meine Anregung verfassten Dissertation des Herrn K. Schöps [3]) nach der bolometrischen Methode bestätigt wurden.

In der Arbeit von Herrn A. Moffat [4]) ist bereits der *Ba Pt Cy*-Leuchtschirm benutzt und für den Wirkungsgrad der Transformation der Röntgenstrahlen in Licht auf Grund der Luminescenzversuche von Herrn E. Wiedemann 4 Prozent angenommen, in naher Übereinstimmung mit der Messung von Herrn Rutherford.

Die Energie der von einer Entladung des Induktoriums erregten Röntgenstrahlen fand ich für einen Apparat 0,30 mg-Kalorien, für einen andern 0,18, Herr Schöps für den ersteren anfänglich 0,24 mg-Kal. (Später nahm die Wirkung des Induktoriums ab.)

Herr Rutherford erhielt für die Sekunde, während deren 57 Entladungen erfolgten, 11 mg-Kal., woraus für eine Entladung 0,19 mg-Kal. sich ergeben.

Dies scheint mir darauf hinzuweisen, dass die Praxis bei Apparaten der verschiedensten Bezugsquellen zu nahe übereinstimmenden Verhältnissen geführt hat.

1) Diese Zeitschrift **2**, 53, 1900.
2) Wied. Ann. **63**, 160, 1897.
3) Dissertation Halle 1899; auch Zeitschrift für Naturwissenschaften, **72**, 145, 1899.
4) Proc. Royal Soc. Edinburgh **21**, 430, 1898.

Halle, 22. Dezember 1900.

(Eingegangen 24. Dezember 1900.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Rotierender Unterbrecher mit Gleitkontakten.

Von der Firma W. A. Hirschmann, Berlin, wird ein neuer rotierender Quecksilber-Unterbrecher in den Handel gebracht, dessen Konstruktion (D. R.-P.) von der aller bisher bekannten Unterbrecher wesentlich abweicht.

Das charakteristische Merkmal desselben besteht darin, dass das Quecksilber nicht als stromschliessendes Mittel, sondern nur zum Amalgamieren zweier Kupferflächen benutzt

wird, die zum Stromschluss dienen und von denen die eine sich in stetiger Umdrehung befindet. Dadurch werden die bei den bisher üblichen Quecksilber-Strahl-Unterbrechern infolge Oxydbildung auftretenden Übelstände beseitigt und ein absolut gleichmässiger Kontakt, unabhängig von dem durch die schnelle Rotation beeinflussten Zustande des Quecksilbers erzielt.

Fig. 1 zeigt eine schematische Skizze des Unterbrechers.

Der rotierende Hartgummikörper der Centrifuge *H* trägt an der zylindrischen Fläche

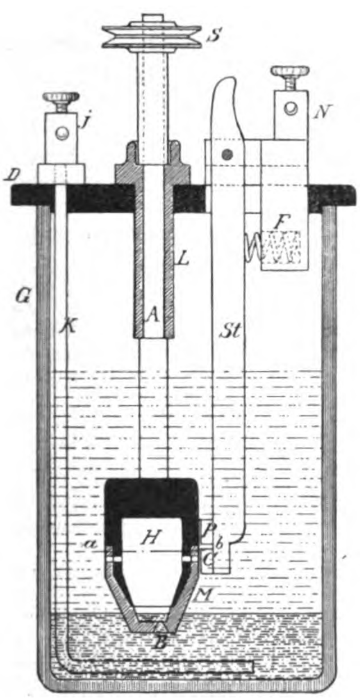


Fig. 1.

zwei Kupferkontakte *M*, die sich gegenüberstehen und mit zwei bis ins Innere der Centrifuge hineinreichenden Einschnitten *T* und *U* (Fig. 2) versehen sind, während ein nach drei Seiten umkleideter Kupferkontakt *C* durch die Spiralfeder *F* gegen die rotierenden Kupferkontakte gepresst wird.



Fig. 2.

Die Konstruktion des Hebels und der rotierenden Teile ist eine derartige, dass der Hebel selbst nicht schwanken kann, sondern stets mit gleichmässigem, ausreichend kräftigem Druck gegen die Kupferflächen anliegt.

Die Grösse der Kontaktfläche ist der maximalen Stromstärke angepasst.

Die Spitze des rotierenden Körpers *H* ragt ungefähr 5 mm tief in die auf dem Boden des mit Alkohol gefüllten Unterbrechergefässes befindliche Quecksilberschicht hinein, und wird mittelst einer schräg verlaufenden Bohrung *B*

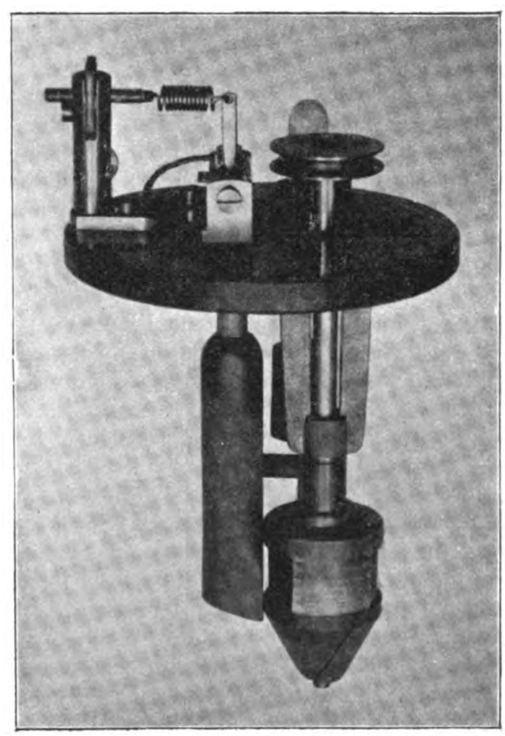


Fig. 3.

teils durch Centrifugalkraft, teils durch die schiefe Ebene, die die Bohrung bildet, ein kleines Quantum Quecksilber gehoben. Letzteres tritt durch die beiden Einschnitte der Centrifuge *H* wieder nach aussen, wird aber grösstenteils durch den Kontakt *C* festgehalten und durch Reibung über die Kupferflächen verteilt. Hierdurch wird auch bei schnellster Rotation ein sicherer Kontakt erzielt und jede Zufälligkeit bei dem Unterbrechungsvorgang ausgeschlossen.

Fig. 3 zeigt die inneren Teile des neuen Unterbrechers nach einer photographischen Aufnahme.

Da die Reibung auf ein Minimum reduziert ist, ist die Abnutzung der Kontakte eine ganz unbedeutende. Ein weiterer Vorteil besteht

bei diesem Unterbrecher darin, dass er infolge der Gleichmässigkeit des Kontaktes sehr ruhig arbeitet. Eine Explosionsgefahr ist völlig ausgeschlossen, da durch die exzentrische Anordnung der Zentrifuge im Unterbrechergefäss die schädliche Trichterbildung der Flüssigkeit vermieden wird. Der Verbrauch an Quecksilber infolge der Oxydation ist ganz minimal. Die Unterbrecher, die sich auch bei Dauerbetrieb gut bewährt haben, sind für Akkumulatorenbetrieb oder Netzanschluss von 110 resp. 220 Volt konstruiert. E. R.

(Eingegangen 1. November 1900.)

BESPRECHUNGEN.

R. Sissingh „Propriétés générales des Images formées par des rayons centraux traversant une série de surfaces sphériques centrées. (Verhand. d. K. Ak. v. Wetensch. t. Amsterdam. 1900. 74 S.)

Die Abhandlung kann bezeichnet werden als eine systematische auf dem Boden der geometrischen Optik und speziell der Gaussschen Theorie (als einzige Abweichung wird die chromatische zugelassen). Der Grundgedanke ist folgender: Wenn man jeden Strahl festlegt durch „Amplitude" (Einfallshöhe) A und „Divergenz" (Achsenwinkel) D, dann sind A und D für den letzten Strahl lineare Funktionen von A_1 und D_1; die Transformationskonstanten lassen eine einfache Deutung zu, überdies werden alle Verhältnisse auf die leicht zugänglichen Scheitel der ersten und letzten Fläche bezogen.

Ohne dass es möglich erscheint, in einem kurzen Referat dies im einzelnen darzustellen, werden in einheitlicher Weise untersucht die Bedeutung obiger Konstanten und ihre Beziehungen sowohl untereinander sowie zu den bekannten Begriffen.

Kap. I behandelt demzufolge die Vereinigung zweier, die Umkehrung eines Systemes, den Fall einer brechenden Fläche und dünnen Linse, eine allgemeine Beziehung zwischen den Transformationskonstanten, die Linearvergrösserung, die ausgezeichneten Punkte, die Winkel- und Tiefenvergrösserung, die Konstruktion des Bildes, die Transformationskonstanten einer oder eines Systemes von zwei Linsen, die Divergenzänderung der Strahlenbündel, die Lage der Hauptbrennpunkte und die teleskopischen Systeme.

Kap. II umfasst Betrachtungen über das Gesichtsfeld, die Vergrösserung, den Begriff „Vergrösserungsvermögen" (Winkel, unter dem man die Längeneinheit sieht), die Bildhelligkeit, die Gesichtsfeldtiefe, den Einfluss der Lage der Pupillen auf Messungen für objekt- oder bild- oder beiderseitig telezentrischen Strahlengang und die Perspektivität.

Kap. III bespricht die Verhältnisse des emmetropen Auges, die Änderung der optischen Konstanten mit der Akkommodation, die Achromatisierung von optischen Systemen in absolutem Sinn (Unabhängigkeit der 4 Transformationskonstanten von der Wellenlänge) und die Achromasieverhältnisse der Okulare.

Eine Zusammenstellung der angewendeten Zeichen bezw. ihrer systematischen Bedeutung sowie der Hauptformeln beschliesst das Ganze.

Karl Strehl.

(Eingegangen 21. November 1900.)

Personalien.

Professor Dr. Heinrich Goldschmidt zu Heidelberg hat den Ruf als o. Professor der Chemie und Direktor des Chemischen Laboratoriums an die Universität Christiania angenommen und wird am Schluss dieses Wintersemesters Heidelberg verlassen.

Dr. Max Rudolphi ist die venia legendi für Physik und physikalische Chemie an der Technischen Hochschule Darmstadt erteilt worden.

An der Technischen Hochschule zu Hannover hat sich Dr. E. Laves als Privatdozent für physiologische und Nahrungsmittel-Chemie habilitiert.

An der Universität Heidelberg erhielt der ausserordentliche Professor Landsberg einen Lehrauftrag für darstellende Geometrie; der Privatdozent Dr. Stolle einen Auftrag für pharmazeutische Chemie.

Bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ist der Assistent Dr. Diesselhorst zum technischen Hilfsarbeiter ernannt worden.

Die in der diesjährigen Generalversammlung der Deutschen Chemischen Gesellschaft vorgenommene Vorstands-Ergänzungswahl hatte folgendes Resultat: Präsident, Prof. J. H. van't Hoff-Berlin; Vizepräsidenten, Professor Kraemer-Berlin, Professor v. Pechmann-Tübingen; Ausschussmitglieder, 1) einheimische: die Professoren M. Delbrück, C. Harries, O. N. Witt, A. Wohl; 2) auswärtige: die Professoren Johannes Thielemann-München, Auwers-Greifswald, Jannasch-Heidelberg und M. Richter-Karlsruhe. Die Mitgliederzahl der Gesellschaft beträgt z. Zt. 3408.

Berichtigungen.

In der Rede von R. Poincaré, Über die Beziehungen der experimentellen und der mathemathischen Physik ist auf S. 200, I. Spalte, Zeile 7 von unten statt „er" „sie"; auf S. 201. II. Spalte, Zeile 7 von oben statt „über die Ausströmung derselben" „über das Fliessen der festen Körper; Zeile 14 statt „Einfachheit" „Einheitlichkeit" zu lesen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 15. 12. Januar 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Vorläufige Notiz über den Wirkungsgrad der Acetylenflamme.

Von Eduard L. Nichols.

Gewisse vorläufige Versuche über die Acetylenflamme, welche unter meiner Leitung im physikalischen Laboratorium der Cornell-Universität gemacht worden sind, liefern Material, aus dem ein angenäherter Wert des Wirkungsgrades berechnet werden kann. Die experimentelle Arbeit bestand aus drei getrennten Teilen: die Bestimmung des Wirkungsgrades der Strahlung durch die Herrn Stewart und Hoxie; die Messung der Verbrennungswärme des Acetylens durch Herrn H. A. Rands, und die Bestimmung des Verhältnisses der Gesamtstrahlung zu der gesamten in der Flamme erzeugten Wärme durch Herrn Albert Ball.

Unter Wirkungsgrad der Strahlung soll verstanden werden: die das Licht liefernde Energie der Flamme, dividiert durch die gesamte Strahlungsenergie. Zahlreiche Messungen dieser Grösse für verschiedene künstliche Lichtquellen, sind von früheren Beobachtern gemacht worden. Die erhaltenen Resultate, einschliesslich des von Stewart und Hoxie für die Acetylenflamme erhaltenen, sind in der nebenstehenden Tabelle zusammengestellt.

Die von Herren Stewart und Hoxie untersuchte Flamme war von der gewöhnlichen flachen Form, wie sie von dem bekannten Napheybrenner hervorgebracht wird. Bei ihrer Untersuchung wurde ein Bolometer aus Eisendraht in einer geeigneten Entfernung von dieser Flamme aufgestellt, und das Verhältnis der Lichtstrahlung zur Gesamtstrahlung durch Einschaltung eines mit Wasser gefüllten Glastroges bestimmt. Die Dicke dieses Troges war so gewählt, dass die Strahlen eine Schicht von 1 cm Wasser und 0,4 cm Glas zu durchdringen hatten. Die Durchlässigkeit des Wassertroges für nicht leuchtende Strahlung wurde annäherungsweise durch Einschaltung eines ähnlichen Troges mit Jod-Schwefelkohlenstofflösung bestimmt, wobei die Lösung so konzentriert war, dass sie für die sichtbare Strahlung undurchlässig wurde. Der

Tabelle.

Lichtquelle	Beobachter	Lichtstrahlung — Gesamtstrahlung
Walrathkerze	Thomsen[1])	0,0210
Paraffinkerze	Rogers[2])	0,0153
Moderatorlampe	Thomsen[1])	0,026
Leuchtgas	Thomsen[1])	0,0197
„	Langley	0,0240
„ (Fledermausbrenner)	Rogers[2])	0,0128
„ (Argandbrenner)	Rogers[2])	0,0161
Glühlampe	Blattner[3])	0.05 to 0.06
„	Merritt[4])	Verschiedene Werte um 0,06
„	(Aus der Integration der Kurven von Abney und Festing[5])	0,055
Welsbachglühstrpf.	Stebbins	0,02 bis 0,07
Kalklicht (neu)	Crehore[6])	0,14
„ (alt)	Crehore[6])	0,084
Acetylen	Stewart und Hoxie	**0,105**
Flammenbogen (Foucault)	Tyndall	0,104
„	Nakano[7])	0,104
„	Marks[8])	0,08 bis 0,13
Magnesiumlicht	Rogers[2])	0,125
Geisslerröhren	Staub[9])	0,32

1) Thomsen, Poggendorffs Ann. **125**, 348.
2) Rogers, American Journal of Science, **43**, 301.
3) Blattner, Der optische Nutzeffekt der Glühlampen, Frauenfeld 1886.
4) Merritt, American Journal of Science, **37**, 67.
5) Nichols, American Institute of Elec. Engineers, **6**, 165.
6) Nichols und Crehore, Physical Review, **2**, 161.
7) Nakano, American Institute of Elec. Engineers, **6**. 308.
8) Marks, Ibid., **7**, 175.
9) Staub, Inaugural-Dissertation, Zürich 1900.

Wassertrog und der mit Jod gefüllte wurden so aufgestellt, dass die strahlende Acetylenflamme auf ihrem Wege zum Bolometer beide in der genannten Reihenfolge durchsetzen mussten. Es ergab sich, dass der Jodtrog 51 Prozent der durch den Wassertrog hindurchgegangenen Energie absorbierte, während das Verhältnis des durch den Wassertrog hindurchgegangenen Lichtes zu der gesamten Strahlungsenergie 0,207 war. Unter der Voraussetzung, dass der Jodtrog für die Strahlen des infraroten Spektrums vollständig durchlässig, für diejenigen des sichtbaren vollständig undurchlässig ist, erhalten wir daher für den Wirkungsgrad der Strahlung der Acetylenflamme $0,51 \times 0,207 = 0,105$. Es sind gegenwärtig Versuche unternommen, die Gültigkeit dieser Annahme zu prüfen; aber da bei den zahlreichen früheren Bestimmungen des Wirkungsgrades der Strahlung über die Eigenschaften der Jodlösung ähnliche Voraussetzungen gemacht worden sind, so ist der oben erwähnte Wert mit den in der Tabelle für andere Lichtquellen gegebenen Werten vergleichbar. Es ist nicht anzunehmen, dass die Untersuchung der Absorption infraroter Strahlen durch Jodlösung zu irgend einer beträchtlichen Änderung in diesem Werte für den Wirkungsgrad der Flamme führen wird.

Aus der Tabelle geht hervor, dass der Wirkungsgrad der Strahlung der Acetylenflamme derjenigen des Flammenbogens gleichkommt und grösser ist, wie der aller früher gemessenen künstlichen Lichtquellen, mit Ausnahme des Lichtes brennenden Magnesiums und des von den elektrischen Entladungen in Vakuumröhren ausgehenden.

Der gesamte Wirkungsgrad der Acetylenflamme.

Unter dem Ausdruck Gesamtwirkungsgrad soll das Verhältnis der Lichtenergie zu der gesamten, von der Flamme entwickelten Energie verstanden werden. Bei der Messung dieser Grösse wurde es für nötig erachtet, direkte experimentelle Bestimmungen der Verbrennungswärme des Acetylengases zu machen. Das Gas war das gewöhnliche ungereinigte Acetylen, wie es von einem Generator erhalten wird, in welchem käufliches Calciumkarbid in eine grosse Menge Wasser geworfen wird. Eine angenäherte Probe des bei diesen Experimenten verwendeten Gases zeigte die Gegenwart beträchtlicher Mengen anderer Gase als Acetylen; hauptsächlich inaktiver. Der mittlere Wert einiger Bestimmungen der Verbrennungswärme, bei denen eine modifizierte Form des Favre- und Silbermannschen Kalorimeters angewendet wurde, war 10000 Kalorien. Derselbe bleibt beträchtlich hinter dem theoretischen Wert von 12200 zurück, der von Pellissier angegeben wurde, aber die Differenz ist im wesentlichen das, was man nach der Analyse des Gases erwarten muss. In der vollständigeren Untersuchung dieses Gegenstandes, die gegenwärtig ihren Fortgang nimmt, soll eine ausgedehnte Reihe von Bestimmungen der Verbrennungswärme des Acetylens gemacht werden, nachdem dasselbe einer eingehenden Reinigung unterzogen worden ist.

Um das Verhältnis der gesamten in der Flamme erzeugten und der durch Strahlung abgegebenen Wärme zu finden, wurde eine Thermosäule in den Stromkreis eines Galvanometers von geeigneter Empfindlichkeit eingeschaltet. In einem geeigneten Abstand von der Vorderseite der Thermosäule wurde die Acetylenflamme aufgestellt, unter Zwischenschaltung eines Schirmes mit einem Diaphragma, welches sich beliebig öffnen und schliessen liess. Die Ablenkung bei Belichtung mit der Flamme wurde mit derjenigen verglichen, welche man erhielt, wenn man an Stelle der Flamme eine kugelförmige, mit heissem Wasser gefüllte, aussen geschwärzte Flasche brachte. Das Wasser in dieser Flasche wurde mit Hilfe einer Wicklung von Neusilberdraht erhitzt und die ihr elektrisch zugeführte Energie wurde durch Messung von Strom und Spannung an den Enden der Wicklung gemessen. Um zu bestimmen, welcher Betrag dieser Energie durch Konvektion verloren ging, wurde die Energie, die nötig war, um die Flasche auf einer bestimmten Temperatur zu erhalten, verglichen, wenn sie in Luft, und wenn sie im Vakuum aufgehängt war. Verluste durch Leitung wurden für die Zwecke dieser vorläufigen Untersuchungen als zu vernachlässigen angesehen. In gleicher Weise wurde angenommen, dass die Strahlung sowohl von der Flasche, wie von der Flamme nach allen Richtungen gleichgross war. Der Grad von Annäherung, bis zu welchem diese Voraussetzungen erfüllt sind, wird in dem weiteren Fortgang der Experimente zu Tage treten. Die Ergebnisse zweier vorläufigen Experimente, in denen die Bestimmung der Verbrennungswärme von Herrn Rands verwertet, und die erwähnte Annahme über die Verteilung der Strahlung von Flamme und Flasche verwendet wurde, sind im folgenden mitgeteilt:

Experiment A.

Molekulargewicht des Acetylens (C_2H_2), 26.

Molekularvolumen des Acetylens, (760 mm und 273° abs.), 22,4.

Druck, mit welchem das Gas dem Brenner zugeführt wurde, 766 mm.

Temperatur des Gases 293° (abs.).

Volumen von 26 g des Gases, bei genanntem Druck und Temperatur 23,85 l.

Gasverbrauch 0,174 l in der Minute, oder 0,00316 g in der Sekunde.

Gesamtwärme, die in der Sekunde durch die Reaktion erzeugt wurde $0{,}00316 \times 10{,}000 = 31.6$.

Ablenkung des Galvanometers 11,0 Skalenteile.

Anzahl der in der Sekunde von der Flamme ausgestrahlten Kalorien, wie sie durch die obengenannte Ablenkung angezeigt wird, 7,13.

$$\frac{\text{Gesamtstrahlung}}{\text{Gesamtwärme}} = \frac{7{,}13}{31{,}6} = 0{,}225.$$

Gesamtwirkungsgrad: unter der Annahme, dass der Wirkungsgrad der Strahlung 10,5 Prozent ist, $0{,}225 \times 0{,}105 = 0{,}0236$. Bei Experiment A war die Flamme unter Normalgrösse.

Experiment B.

Gasverbrauch 0,297 l in der Minute, oder 0,00539 g in der Sekunde.

Gesamte durch die Reaktion erzeugte Wärme, in der Sekunde $0{,}00539 \times 10{,}000 = 53{,}9$.

Galvanometerablenkung 16,12 Skalenteile.

Anzahl der in der Sekunde ausgestrahlten Kalorien, wie sie durch die obengenannte Ablenkung angezeigt wird, 10,25.

$$\frac{\text{Gesamtstrahlung}}{\text{Gesamtwärme}} = \frac{10{,}25}{53{,}9} = 0{,}190.$$

Gesamtwirkungsgrad: unter der Annahme, dass der Wirkungsgrad der Strahlung 10,5 Prozent ist, $0{,}190 \times 0{,}105 = 0{,}0199$.

Bei dem Experiment B hatte die Flamme normale Grösse.

Der Gasdruck bei Experiment B war grösser wie bei Experiment A, und der kleinere Wert des totalen Wirkungsgrades ist wahrscheinlich durch die grössere Geschwindigkeit zu erklären, mit welcher die Verbrennungsprodukte in diesem Falle von dem heissen Mittelpunkte der Flamme weggejagt werden. Es ist ersichtlich, dass das Verhältnis der Gesamtstrahlung zur gesamten Verbrennungsenergie eine Funktion des Gasdruckes sein muss, und dass es bei einer bestimmten Flammengrösse ein Maximum erreichen wird. Es ist zu hoffen, dass die in Angriff genommenen Experimente über diesen Gegenstand endgültige Werte für dieses Verhältnis geben werden.

Die Werte des Gesamtwirkungsgrades der Acetylenflamme, die aus diesen vorläufigen Untersuchungen hervorgehen, sind viele Male grösser, als die entsprechenden Werte für gewöhnliche Gas- und Ölflammen, und sie sind wenigstens doppelt so gross, als der entsprechende Wert für den Lichtbogen unter den für ihn günstigsten Bedingungen. Nur die Magnesiumflamme, welche nach Rogers, dank der sehr kleinen Verluste durch Konvektion und des grossen Wirkungsgrades der Strahlung, einen Gesamtwirkungsgrad von 0,1025 hat, ist der Acetylenflamme in dieser Hinsicht überlegen.

Physikalisches Laboratorium der Cornell-Universität.

Juni 1900.

(Eingegangen 6. Dezember 1900.)

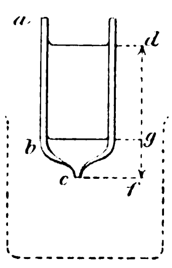
(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

Ein Vorlesungsversuch über Kapillarität.

Von V. Dvořák.

Folgender Versuch ist leicht ausführbar und selbst ohne Projektion auf ziemliche Entfernung sichtbar, kann auch gut projiziert werden.

Ein Glasrohr *ab* (s. Figur) von 13 mm Durchmesser ist unten plötzlich verengt; die Spitze bei *c* sei möglichst kurz und dünn im Glase; der Öffnungsdurchmesser ist ca. 0,5 mm. Giesst man langsam Wasser in das Rohr, so beträgt



bei meiner Röhre die Höhe der Wassersäule *df* gegen 22 mm; giesst man mehr Wasser hinein, so fliesst ein Teil heraus.

Giesst man Alkohol in die Röhre, so ist die Höhe *fg* der Flüssigkeit bedeutend kleiner, obwohl das spezifische Gewicht des Alkohols kleiner ist, als das des Wassers; die Flüssigkeitssäule wird nämlich von dem Oberflächenhäutchen bei *c* getragen und die Oberflächenspannung ist für Wasser 7,5 mg per Millimeter, für Alkohol bloss 2,5 (für Äther 1,88).

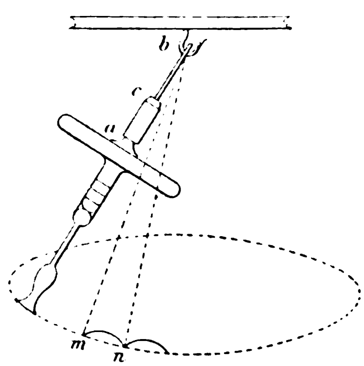
Noch auffallender ist folgender Versuch. Man giesse wieder Wasser in das Rohr, bis zur Maximalhöhe. Dann gebe man einige Tropfen Äther in ein kleines Becherglas und halte dieses unterhalb *c* (in der Figur punktiert); sofort beginnt das Wasser in einzelnen Tropfen auszufliessen; das Ausfliessen hört auf, sobald man das Becherglas entfernt, und stellt sich von neuem ein, wenn das Becherglas genähert wird. Die Ätherdämpfe verringern nämlich bedeutend die Oberflächenspannung des Wasserhäutchens bei *c*.

Bemerkung zu den Kreiselversuchen.

Von V. Dvořák.

Man zeigt gewöhnlich, wie die Kreiselachse einen Kreiskegel beschreibt (die sogenannte Präzession); jedoch müsste der Theorie zufolge die Achse auch noch die sog. Nutation[1]) zeigen. Es war mir nun auffallend, dass bei den gewöhnlichen Kreiselversuchen, z. B. mit den sehr verbreiteten Schmidtschen Kreiseln, von einer solchen Nutation nichts zu sehen ist; den Grund davon wird man im folgenden ersehen.

Man kann vorerst durch eine kleine Änderung auch mit dem Schmidtschen Kreisel die Nutation zeigen, sowie denselben als sogenanntes Polygonalpendel verwenden. Man verfertige nämlich ein Ansatzstück ab (s. Figur; Länge ab



$= 6{,}5$ cm), welches statt der Spitze auf die Kreiselachse aufgeschraubt wird und bei b eine Öse mit innen zugeschärftem Rande besitzt, welche auf ein Häkchen aufgehängt wird. Das Häkchen ist in einer eisernen Querstange eingeschraubt, welche in zwei Stativen gut befestigt wird. Man setze den Kreisel in Rotation und hänge ihn schief auf; es zeigt sich eine deutliche Nutation der Achse, die allmählich verschwindet, so dass bloss die Präzession übrig bleibt. Nun bringe man die Achse mit der Hand in Ruhe und lasse sie wiederum los: die Auszackungen mn sind nun, da die Rotationsgeschwindigkeit schon abgenommen hat, grösser wie früher; nachdem nun auch diese Nutation verschwunden ist, wiederhole man das Verfahren; zum Schlusse sind die Auszackungen so gross, dass der Kreisel ein sogenanntes Polygonalpendel vorstellt, wo die reine Präzessionsbewegung nicht mehr auftritt, weil die Rotationsgeschwindigkeit zu klein ist.

Will man den Kreisel hauptsächlich als Polygonalpendel verwenden, so empfiehlt es sich, den kurzen Stab bc durch einen längeren zu ersetzen (ab etwa $= 21$ cm); es tritt dann auch bei der grössten erreichbaren Rotationsgeschwindigkeit die reine Präzession nicht mehr auf, falls man die Achse in schiefer Lage loslässt[1]); man muss, um selbe zu erzielen, die Achse im Sinne der Präzession mit richtiger Geschwindigkeit herumführen und dann freilassen.

Man nehme nun wieder das kurze Stäbchen bc und hänge die Öse in einen Faden, oder in ein Häkchen, das man in der Hand hält; man sieht dann keine Spur von einer Nutation, sondern bloss die einer Präzession, indem die der Nutation entsprechenden Schwankungen der Achse fast augenblicklich durch die nachgiebige Aufhängung gedämpft werden. Nimmt man zu diesem Versuch das längere Stäbchen bc, so hören die Schwankungen der Achse in kurzer Zeit auf, und die Achse stellt sich vertikal.

Zum Schlusse noch einen, wie ich glaube, neuen Versuch. Man nehme das längere Stäbchen, und es soll der Kreisel keine Rotation besitzen; man kann denselben als konisches Pendel verwenden, indem man die Bewegung mit der Hand einleitet und dann den Kreisel freilässt. Die Schwingungsdauer des konischen Pendels ist $= 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}\cos\alpha}$, wo l die reduzierte Länge und g die Schwerebeschleunigung bedeutet.

Der Kreisel soll nun rotieren und die Achse die Präzessionsbewegung ausführen (man muss diese ebenfalls mit der Hand einleiten, siehe oben); die Schwingungsdauer ist jetzt sehr gross. Man kann das so auffassen, als wenn die Schwere fast ganz aufgehoben wäre.

Nun fasse man das Stäbchen bc und führe die Achse recht schnell in einem der Präzessionsbewegung entgegengesetzten Sinne herum und lasse sie frei: der Kreisel hält auch diese umgekehrte Präzessionsbewegung bei, die viel rascher verläuft, als die normale Präzession und ist der Unterschied höchst auffallend; es ist also so, als ob in dem Ausdrucke für die Schwingungsdauer die Schwere angewachsen wäre.

Der Versuch erfordert einige Übung und beschreibt der Endpunkt der Achse gewöhnlich nicht Kreise, sondern kreisähnliche Kurven.

1) Siehe z. B. Winkelmanns Handbuch der Physik I, 185.

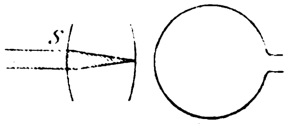
1) Der Endpunkt der Achse beschreibt dann Kurven, die man in Rieckes Experimentalphysik 1, 88, nachsehen kann.

Durchbohren dünnwandiger Glaskugeln.

Von V. Dvořák.

Man nehme einen runden Kohlenstift S (s. Figur) für elektrisches Licht von etwa 4 mm

Dicke, bringe die Spitze in eine Gebläseflamme und halte die Kugel daneben. Ist der Stift weissglühend, so drücke man ihn sanft mit schwacher Drehung in die Kugel und ziehe ihn dann sofort zurück. Die so entstandene kleine



Öffnung hat innen aufgeworfene Ränder und springt nicht aus. Ich habe so ohne vorherige Übung eine Kugel in kurzer Zeit wie ein Sieb durchlöchert; es war nach einigen Monaten noch kein Sprung an der Kugel zu bemerken.

Agram, 19. Dezember 1900.

(Eingegangen 21. Dezember 1900.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa. (Direktor: A. Battelli.)

No. 7[1]): F. Oliveri, Über Polarisation mit Wechselströmen.

§ 1. Schalten wir in einen von Wechselströmen durchflossenen Stromkreis ein Voltameter ein, so kann die Elektrizitätsmenge, welche während einer Halbperiode das Voltameter selbst passiert,

1. kleine Polarisationen hervorbringen;
2. dem Maximum nahekommende Polarisationen erzeugen;
3. die Elektroden sättigen und die Elektrolyse veranlassen.

Im ersten Fall wird der Polarisationsvorgang durch die von Mengarini[2]) aufgestellte Formel ausgedrückt:

$$(1)\qquad p = P I \frac{T}{2\pi}\left(\cos \frac{2\pi t}{T} - 1\right),$$

(p bedeutet die elektromotorische Polarisationskraft, P und I sind Konstanten und T ist die Periode). Für den zweiten Fall gilt die Formel:

$$(2)\qquad p = -A\left\{1 - 10^{\frac{BIT}{S\pi}\left(\cos \frac{2\pi t}{T} - 1\right)}\right\},$$

(hier sind A, B, I, S Konstanten und T ist Periode), welche Formel von Malagoli[3]) herrührt. Sie ist aus der Bartolischen

$$p = -A\left\{1 - 10^{\frac{B}{S}\int_0^t i\,dt}\right\}$$

hergeleitet.

1) No. 6: Diese Zeitschrift 1, 494, 1900.
2) Atti R. Acc. Lincei serie IV, Vol. VI.
3) Atti dell' Accademia Gioienia di Catania Vol. V serie IV.

Im dritten Fall wird der Polarisationsverlauf für Werte zwischen 0 und dem Maximum durch Formel (2) dargestellt; sind die Elektroden gesättigt, so nimmt die Polarisation für die ganze Dauer der Elektrolyse eine konstante Grösse an und sinkt dann derart, dass der Verlauf aufs neue durch Formel (2) ausgedrückt wird. Die analytische Prüfung der Formeln (1) und (2) für die Polarisation ergiebt, dass den drei in Betracht gezogenen Fällen ein sinusoidaler, ein nahezu sinusoidaler, und ein Verlauf entspricht, den man aus diesem letzteren erhält, wenn man geeignete Strecken von Maximum und Minimum zusammenstellt.

§ 2. Um diese Resultate durch das Experiment zu prüfen, griff ich zu der Joubertschen (1) Methode des sogenannten momentanen Kontaktes. Mittels eines besonderen Unterbrechers wird der Wechselstrom in ein Voltameter geleitet, dessen Elektroden in bestimmten Momenten und für sehr kurze Zeiträume mit den Quadrantenpaaren eines Mascartschen Elektrometers in Verbindung stehen. Wurde der Unterbrecher gegen den induzierten Kreis des Alternators verschoben, so gelang es mir, die den gegebenen Grössen der Stromintensität entsprechenden Polarisationsgrössen zu bestimmen. Überträgt man auf zwei rechtwinklige Achsen sowohl die Verschiebungen wie die entsprechenden Polarisationsgrössen, so kann man Kurven zeichnen, die den Verlauf eben der Polarisation in den drei betrachteten Fällen darstellen.

Ich habe mit verschiedenen Elektrolyten experimentiert und fand die Bestätigung der oben auseinandergesetzten theoretischen Resultate.

§ 3. Man wird leicht die Bedingung erkennen, der die Frequenz eines Stromes von gegebener Intensität genügen muss, damit bei derselben die Elektrolyse stattfindet. Wir brauchen bloss das zu betrachten, was in einer Halbperiode geschehen muss, damit die Elektrolyse während eines Zeitintervalls, das in der Halbperiode selbst einbegriffen ist, eintritt. Damit dies geschieht, muss aber während einer Halbperiode eine grössere Elektrizitätsmenge passieren als nöthig ist, um das Voltameter zu depolarisieren und um es aufs neue zu sättigen, da ja der Charakter der Elektroden gewechselt wird.

Bezeichnen wir mit Q die Elektrizitätsmenge, welche dazu gehört, um das Polarisationsmaximum zu erzeugen, so wird die gesuchte Bedingung durch die Ungleichung ausgedrückt:

$$I\int_0^{\frac{T}{2}} \sin \frac{2\pi t}{T}\,dt > 2Q,$$

welche sich in die andere Ungleichung verwandelt

$$\frac{IT}{\pi} > 2\,Q.$$

Bei Anwendung der Joubertschen Methode konnte ich in experimenteller Weise feststellen, dass bei Konstanthaltung der Intensität i eines Wechselstroms, der Elektrolyse hervorufen kann, und bei Veränderung von T, leicht diejenigen Grössen von T zu finden sind, bei denen sich keine Elektrolyse mehr zeigt und bei denen der Polarisationsverlauf sehr nahezu ein sinusoidaler ist.

§ 4. Zwischen der Intensität eines Wechselstroms und der elektromotorischen Polarisationskraft eines in den Stromkreis eingeschalteten Voltameters giebt es, wie man weiss, eine Phasenverschiebung. Im Falle von kleinen Polarisationen ist die Intensität des Stromes der elektromotorischen Polarisationskraft um 90^0 voraus. Keine der allgemein bekannten Methoden zur Bestimmung einer Phasenverschiebung eignet sich zum experimentellen Nachweis dieses theoretischen Resultats; ich habe deshalb eine grossenteils neue Methode angewendet. Ich brachte in den Stromkreis einen Stromwender, ein Voltameter mit dem Widerstand R und einen Widerstand R' ohne Selbstinduktion.

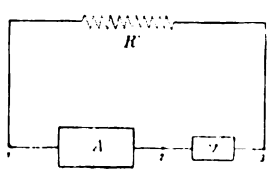


Fig. 1.

Im Stromkreis habe ich drei Punkte, 1, 2, 3, ins Auge gefasst und indem ich mit v_1, v_2, v_3 die Höhe des Potentials in diesen drei Punkten bezeichne, setze ich

$$v_{iK} = v_i - v_K,$$

wobei

$$v_{iK} = -v_{Ki};\; v_{12} + v_{23} + v_{31} = 0 \text{ ist.}$$

Die Energie P, die vom Strome beim Passieren von Punkt 2 zu Punkt 3 geliefert wird, ist ausgedrückt durch

$$P = i\,e_{32} = R\,i^2 - i\,p$$

(hier ist p die elektromotorische Polarisationskraft und i die Stromstärke), wobei

$$p = R\,i + e_{23} \text{ ist.}$$

Nehme ich an, dass e_{iK}, i, p sinusoidal sind und die gleiche Periode T haben, so erhalte ich

$$i = T\,sin\;m\,t.$$

$$p = P\;\;sin\,(mt + \varphi)$$
$$e_{iK} = E_{iK}\,sin\,(mt + \Theta_{iK}),$$

wo I, P, E_{iK} die Maxima von i, p, e_{iK}, $m = \frac{2\pi}{T}$ und φ und Θ_{iK} die Phasenverschiebungen der entsprechenden elektromotorischen Kräfte gegen die Intensität des Stromes sind.

Wir zeichnen jetzt in eine Ebene eine Strecke AB von der Länge I, die von einem beliebigen Punkt A ausgeht (Fig. 2). In gleicher

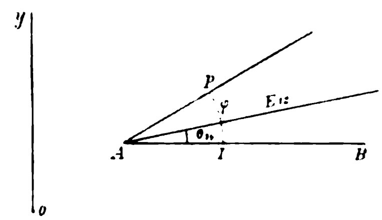


Fig. 2.

Weise zeichnen wir eine von demselben Punkt ausgehende Strecke für jede der Variablen e_{iK}, p von der entsprechenden Länge E_{iK}, P, die mit der Strecke AB den Winkel Θ_{iK}, φ bilden. In jedem Augenblick t wird die Grösse der betrachteten Variablen durch die Projektion des entsprechenden Abschnittes auf eine Achse oy dargestellt, welche in Übereinstimmung mit der Periode T rotiert, und einen Anfangswinkel $\frac{\pi}{2}$ mit der Richtung AB einschliesst.

Die Summe von mehreren der betrachteten Variablen ist auf der nämlichen Achse durch die Projektion der Resultierenden aus den entsprechenden Strecken gegeben. Wir können nun die Variablen so darstellen:

$$e_{31} = R'i$$
$$e_{32} = e_{31} + e_{12}$$
$$p = Ri + e_{32}.$$

Wir zeichnen eine Strecke $AB = E_{31}$ (Fig. 3) und nehmen A und B als Centren für

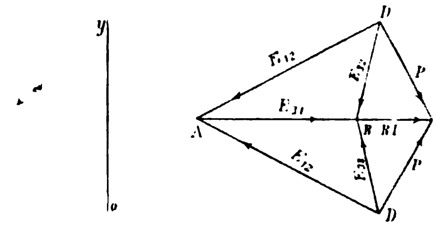


Fig. 3.

zwei Kreise, die wir mit den Radien E_{32} und E_{12} beschreiben; so erhalten wir die beiden Dreiecke ABD. Wir verlängern AB um ein Stück $BC = RI$ und verbinden D mit C. Die Projektion auf oy von jeder dieser Strecken giebt in jedem Augenblick die Grösse der ent-

sprechenden Variablen an; insbesondere zeigt die Projektion von P die Grösse der elektromotorischen Polarisationskraft.

Der trigonometrisch bestimmbare Winkel GDB zeigt, wenn E_{12}, E_{31}, E_{32} einmal bekannt sind, die gesuchte Phasenverschiebung.

Die Zweideutigkeit des Vorzeichens verschwindet, da man schon weiss, dass die Stromintensität der Polarisation vorauseilt.

Ich verwendete Lösungen von 10, 20, 30, 40 Prozent und benutzte ein Mascartsches Elektrometer mit idiostatischer Methode für die Bestimmung von e_{12}, e_{31}, e_{32} und folglich für E_{12}, E_{31}, E_{32} und fand für die in Rede stehende Phasenverschiebung die Werte:

$84^0,52'$ $86^0,32'$ $85^0,7'$ $85^0,29'$.

Die Abweichungen von 90^0 müssen wahrscheinlich der Thatsache zugeschrieben werden, dass der in Anwendung gebrachte Strom nicht vollständig sinusoidal war.

Es scheint also auch experimentell bewiesen zu sein, dass im Falle von kleinen Polarisationen ein in einen Stromkreis eingeschaltetes, von einem Wechselstrome durchflossenes Voltameter sich wie eine Kapazität verhält.

In einem weiteren Aufsatze gedenke ich nächstens über Phasenverschiebung zwischen Strom und Polarisation während der Elektrolyse zu berichten.

(Eingegangen 21. Dezember 1900.)

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Khumbler.)

Über Schichtung in einem Strome elektrischer Teilchen.

Von Eduard Riecke.

Als eine besonders merkwürdige und rätselvolle Erscheinung hat man von jeher die Schichtenbildung in Geisslerschen Röhren betrachtet. Sie zeigt, dass die Verschiebungsgeschwindigkeiten der Ionen der Länge der Röhre nach in periodischer Weise wechseln, hier ansteigen, dort sinken können. Mit einer Wellenbewegung im gewöhnlichen Sinne hat die Erscheinung nichts zu thun; denn die Elemente der Strömung zeigen an einer und derselben Stelle der Röhre keinen periodischen Wechsel. Viel wahrscheinlicher ist es, dass die Schichtenbildung eine Begleiterscheinung der Strömung ist; ihr Analogon sind nicht die Kundtschen Staubfiguren, sondern die Anschwellungen und Einschnürungen eines unter hohem Drucke austretenden Gasstrahles und der periodische Wechsel der Dichtigkeit, welcher damit verbunden ist. Es ist nicht unmöglich, dass zwischen dieser Ausströmungserscheinung und der Schichtung eines elektrischen Funkens ein unmittelbarer Zusammenhang besteht. Für die Strömung elektrischer Teilchen in einem homogenen elektrischen Felde bot sich zunächst eine andere Möglichkeit der Schichtung, welche im folgenden entwickelt ist.

1. Es sei ein homogenes elektrisches Feld gegeben von der Intensität $\mathfrak{F}$, in diesem bewegen sich in der Richtung der Kraftlinien gleichartige elektrische Teilchen so, dass in einer zu den Kraftlinien senkrechten Ebene die Geschwindigkeit aller Teilchen die gleiche ist. Ausser der äusseren Kraft $\mathfrak{F}$ wirken noch die zwischen den Teilchen selbst vorhandenen inneren elektrodynamischen Kräfte. Das elektrische Feld sei aber ausserdem von einem neutralen Mittel erfüllt, dessen Einfluss auf die Bewegung sich in einer mit der Geschwindigkeit proportionalen Reibung geltend macht.

2. Die elektrodynamischen Wechselwirkungen. Bei der Berechnung dieser Wirkungen legen wir das Gesetz von Clausius zu Grunde, welches von J. J. Thomson auch aus der Maxwellschen Theorie abgeleitet worden ist.

Die Kraft, welche ein im Punkte x, y, z befindliches Teilchen von der Ladung ε von einem zweiten Teilchen ε_1 an der Stelle x_1, y_1, z_1 erleidet, habe in der Richtung der x-Achse die Komponente Ξ. Die Geschwindigkeitskomponenten der Teilchen seien u, v, w und u_1, v_1, w_1; dann ist:

$$\frac{1}{\varepsilon\varepsilon_1}\Xi = -\frac{d\psi}{dx} + k\frac{d\psi}{dx}\left\{u u_1 + v v_1 + w w_1\right\} - k\frac{d}{dt}\left\{\psi u_1\right\}.$$

ψ ist bei Clausius gleich der reciproken Entfernung der beiden Teilchen; wir setzen voraus, dass ψ nur in grösserer Entfernung übergeht in $\frac{1}{r}$, dass aber in kleiner Entfernung die Werte von ψ selbst und von seinen Differentialquotienten sehr viel grösser seien, als die Werte von $\frac{1}{r}$ und von den Differentialquotienten von $\frac{1}{r}$.

Nehmen wir an, dass die Teilchen sich alle nur in der Richtung der Kraftlinien bewegen, und identifizieren wir diese Richtung mit der Richtung von x, so wird:

$$\frac{1}{\varepsilon\,\varepsilon_1}\Xi = -\frac{d\psi}{dx} + k\frac{d\psi}{dx}u_1^2 - k\,\psi\frac{d u_1}{dt}.$$

Verstehen wir unter η die räumliche elektrische Dichte an irgend einer Stelle des Feldes, so wird die ganze elektrische Kraft, welche das Teilchen ε von den umgebenden Teilchen erleidet, gegeben durch:

$$X = -P\varepsilon(1 - k u^2)\frac{d\eta}{dx} + Q k \varepsilon \eta \frac{d u^2}{dx} - R k \varepsilon \eta \frac{d^3 u^2}{dx^3}.$$

Die Clausiussche Konstante k ist gleich dem Quadrate der reciproken Lichtgeschwindigkeit; P, Q, R sind Konstante, die abhängen von den Parametern der Funktion ψ.

3. Zwischen der Stärke der elektrischen Strömung i, der elektrischen Dichte η und der Geschwindigkeit u besteht die Beziehung:

$$i = \eta u.$$

Im stationären Zustande ist i konstant.

4. Die Differentialgleichung für die Bewegung des Teilchens ε wird:

$$\mu \frac{du}{dt} = \varepsilon\mathfrak{F} - P\varepsilon(1 - k u^2)\frac{d\eta}{dx} + Q k \varepsilon \eta \frac{du^2}{dx} - R k \varepsilon \eta \frac{d^3 u^2}{dx^3} - \varrho u$$

Setzen wir hier:

$$\eta = \frac{i}{u} \quad \text{und} \quad \frac{du}{dt} = \frac{1}{2}\frac{du^2}{dx},$$

so ergiebt sich:

$$R k \varepsilon i \frac{1}{u}\frac{d^3 u^2}{dx^3} + \left(\frac{\mu}{2} - \frac{Q k \varepsilon i}{u}\right)\frac{du^2}{dx} - P\varepsilon i \frac{1 - k u^2}{u^2}\frac{du}{dx} + \varrho u = \varepsilon\mathfrak{F}.$$

Wir führen nun die beschränkende Voraussetzung ein, dass u in dem betrachteten Teil des Feldes sich nur wenig von seinem Anfangswert u_0 entferne; setzen wir dementsprechend

$$u = u_0 + \mathfrak{u},$$

so ist der Wert von $\mathfrak{u}$ sehr klein gegen u_0, und wir erhalten für $\mathfrak{u}$ die Gleichung:

$$\frac{d^3\mathfrak{u}}{dx^3} + \left\{\frac{\mu u_0}{2 R k \varepsilon i} - \frac{2Q - P}{2R} - \frac{P}{2 R k u_0^2}\right\}\frac{d\mathfrak{u}}{dx} + \frac{\varrho}{2 R k \varepsilon i}\left(\mathfrak{u} + u_0 - \frac{\varepsilon\mathfrak{F}}{\varrho}\right) = 0.$$

Das Integral dieser Gleichung lässt sich in der Form schreiben:

$$u = \frac{\varepsilon F}{\varrho}\left\{1 - e^{-\alpha(x - x_0)}\right\} + u_0 e^{-\alpha(x - x_0)} + a e^{\frac{\alpha}{2}(x - x_0)} \sin\pi\beta(x - x_0).$$

Es ist dann für $x = x_0 : u = u_0$. Das periodische Glied verschwindet für: $x = x_0$. $x = x_0 + \frac{1}{\beta}$, $x = x_0 + \frac{2}{\beta}$, ...; es ist also $\frac{1}{\beta}$ die halbe Wellenlänge des periodischen Gliedes. Für grosse Werte von $x - x_0$ ist in den Punkten, für welche das periodische Glied verschwindet $u = \frac{\varepsilon\mathfrak{F}}{\varrho}$.

Setzen wir

$$\xi = \beta(x - x_0),$$

und dividieren wir die vorhergehende Gleichung mit dem Anfangswerte u_0 der Geschwindigkeit, so erhalten wir:

$$\frac{u}{u_0} = \frac{\varepsilon\mathfrak{F}}{\varrho u_0}\left(1 - e^{-\frac{\alpha}{\beta}\xi}\right) + e^{-\frac{\alpha}{\beta}\xi} + \frac{a}{u_0} e^{\frac{\alpha}{2\beta}\xi} \sin\pi\xi.$$

5. Wir benutzen die Werte von ξ als Abscissen und repräsentieren die Werte von u/u_0 durch eine Kurve, indem wir sie als Ordinaten senkrecht zu den entsprechenden Werten von ξ auftragen. Die Kurve u/u_0 entsteht dann aus der Superposition einer Exponentialkurve und einer Sinuslinie von wachsender Amplitude. Die halbe Wellenlänge der Sinuslinie ist gleich $\frac{1}{\beta}$.

Nun ist die elektrische Dichte $\eta = \eta_0 \frac{u_0}{u}$, wenn η_0 der Anfangswert der Dichte. Eine Kurve, welche die reziproken Werte von $\frac{u}{u_0}$ darstellt, giebt also ein Bild von der Verteilung der elektrischen Dichte η. Wir erhalten wieder eine Superposition einer Exponentialkurve und einer Wellenlinie. Die halbe Wellenlänge der letzteren ist wieder gegeben durch $\frac{1}{\beta}$.

Die Konstante β hängt in sehr komplizierter Weise ab von μ, ϱ, $i u_0$ oder η_0, u_0, k, ε, P, Q, R; die Abhängigkeit ist aber eine solche, dass $\frac{1}{\beta}$, d. h. die halbe Wellenlänge des periodischen Gliedes abnimmt, wenn ϱ und μ wachsen, zunimmt, wenn η_0 wächst.

6. In einem reibungslosen Feld ergiebt sich für die Geschwindigkeit:

$$u = u_0 + \frac{r\pi\xi}{p\sqrt{p}} + a \sin\pi\xi.$$

Hier ist:

$$p = \frac{\mu u_0}{2 R k \varepsilon i} - \frac{2Q - P}{2R} - \frac{P}{2 R k u_0^2};$$

$$r = \frac{\varepsilon\mathfrak{F}}{2 R k \varepsilon i}.$$

Bei kleinen Geschwindigkeiten u_0 kann aber p negativ werden: $p = -p'$. Dann wird:

$$u = u_0 - \frac{r\pi\xi}{p'\sqrt{p'}} + a\left\{e^{\pi\xi} - e^{-\pi\xi}\right\}.$$

Die Bewegung ist aperiodisch.

Der Fall der aperiodischen Bewegung kann auch im reibenden Felde eintreten; es ergiebt sich aber aus den Werten der Konstanten, dass im reibenden Felde sehr viel kleinere Anfangsgeschwindigkeiten dazu erforderlich sind.

7. Elektrische Doppelströmung in Geisslerschen Röhren. Aus den Formeln ergiebt sich, dass die Wellenlänge des periodischen Gliedes bei den positiven Ionen sehr viel kleiner sein muss, als bei den negativen Elektronen. Dadurch wird die Möglichkeit gegeben, das Problem der elektrischen Doppelströmung in einer Geisslerschen Röhre wenigstens näherungsweise zu lösen. Dabei wird die Annahme eingeführt, dass die gesamte Menge der positiven Ionenladungen im Innern der Röhre annähernd gleich sei der Menge der negativen. Wenn dann zwischen den maassgebenden Konstanten gewisse Ungleichungen erfüllt sind, so ergiebt sich ein periodischer Wechsel positiver und negativer freier Ladungen im Innern der Röhre, wie er bei der Schichtung beobachtet wird. Die Schichtendicke stimmt im ganzen überein mit dem reziproken Werte der Konstanten β für die negativen Elektronen.

Eine wesentliche Lücke der Betrachtung wird dadurch bedingt, dass sie keine Rücksicht auf Bildung und Zersetzung neutraler Moleküle im Innern der Röhre nimmt. Die erstere, die mit dem Leuchten der Schichten zusammenhängt, wird da besonders häufig sein, wo entgegengesetzte elektrische Teilchen mit vermehrter Geschwindigkeit einander entgegen sich bewegen.

J. J. Thomson hat in seiner Theorie die Vorgänge der Bildung und Zersetzung neutraler Moleküle zum Ausgangspunkt der Betrachtung gemacht; diese Theorie bezieht sich aber nicht auf den Fall der Schichtung. Eine Verbindung der Betrachtungen von J. J. Thomson mit den vorstehenden Untersuchungen ist nicht möglich, da seine Theorie, wenigstens in ihrer weiteren Ausbildung, gleiche Geschwindigkeiten der Ionen voraussetzt.

Nach dem Abschlusse der vorstehenden Untersuchung erhielt ich Kenntnis von einer Arbeit des Herrn G. T. Walker. Dieser geht aus von den Prinzipien der kinetischen Gastheorie und gelangt zu einer Differentialgleichung für das elektrostatische Potential, deren Lösung ein periodisches Glied enthält.

(Eingegangen 23. Dezember 1900.)

REFERATE.

Allgemeine Chemie.

Besorgt von Privatdozent Dr. A. Coehn.

W. Hittorf, Über das elektromotorische Verhalten des Chroms. Zeitschrift für phys. Chemie Bd. 25. Erste Mitteilung Bd. 30. Zweite Mitteilung. **Über die Passivität der Metalle.** Ebenda Bd. 34.

F. Micheli, Die elektromotorische Kraft und die optischen Konstanten des Chroms. Archives des sciences physiques et naturelles IV (10) 1900.

Chrom, wie es jetzt nach dem Verfahren von Goldschmidt durch Reduktion mittelst Aluminium in grossen Mengen dargestellt wird, besitzt bei hellgrauer Farbe Metallglanz und erweist sich als guter Leiter der Elektrizität. Es bildet den Ausgangspunkt mehrerer interessanter Untersuchungen, in denen Hittorf das elektromotorische Verhalten des Metalles feststellt. Schon Berzelius nahm zwei allotropische Modifikationen an, von denen die eine, durch Reduktion des Oxydes mit Kohle erhalten, so indifferent war, dass sie selbst beim Kochen mit Königswasser nicht oxydiert wurde, während die andere, durch Reduktion von Chromchlorid mittels Kalium gewonnen sich bei 200—300° entzündete. Wöhler, der sein Chrom darstellte, indem er $CrCl$ mit Zink reduzierte, machte ähnliche Beobachtungen und konnte bereits den Einfluss der Temperatur auf die Aktivität konstatieren.

Die Versuche von Hittorf lehren, dass Chrom verschiedene Zustände besitzt, in denen ihm ebenso verschiedene Eigenschaften zukommen. Im inaktiven Zustande ist es ein edles Metall, das kein anderes aus der Lösung seiner Salze reduziert und am Ende der Spannungsreihe beim elektronegativen Platin steht. Im aktiven Zustande dagegen nimmt es beim Zink in der Spannungsreihe Stellung und verdrängt die Metalle, welche elektronegativer sind, aus ihren Salzen. Im passiven Zustande bildet Chrom seine höchste Verbindungsstufe, die Chromsäure, während es im aktiven Zustand als Chromosalz in Lösung geht. Befindet es sich in jenem Zustande, in dem es seine mittlere Verbindungsstufe, Chromisalze, bildet, so liegen seine Eigenschaften zwischen den erwähnten. Diese drei Zustände sind nicht scharf von einander getrennt, sondern viele Zwischenstufen verbinden sie. Eine bequeme Methode, den Zustand des Elementes festzustellen, besteht nach Hittorf darin, dass man die elektromotorische Kraft

bestimmt, die Chrom und Platin zu einem Element vereinigt, liefern. Hittorf verwendet hauptsächlich nachfolgende Kombinationen

$$Cr | H_2\, CrO_4 \text{ conc.} | Pt$$

$$Cr | Na\, Cl \text{ conc.} | H_2\, Cr\, O_4 \text{ conc.} | Pt$$

Ist das Chrom aktiv, so liefert ein derartiges Element eine elektromotorische Kraft von 1,4—1,8 Volt, im inaktiven Zustande dagegen nur 0,2—0,4 Volt. Der aktive Zustand scheint der ursprüngliche zu sein, da eine frisch hergestellte Bruchfläche ihn besitzt. Er ändert sich aber an der Luft langsam und geht in den inaktiven über. Taucht man solch passives Chrom in eine konzentrierte Lösung einer Halogenwasserstoffverbindung, so zeigen sich schon bei gewöhnlicher Temperatur grüne Schlieren, ein Beweis dafür, dass es aktiv geworden ist. In den verdünnteren Lösungen ist zu dieser Umwandlung eine Temperaturerhöhung nötig. Die Chlorsalze der Alkalien und der alkalischen Erdmetalle müssen bis 100^0 erhitzt werden, noch höher die Chlorverbindungen von Metallen der Magnesiagruppe, weit höher die der leicht reduzierbaren Metalle. Der aktive Zustand bleibt nach Trennung und Erkaltung eine Zeit lang bestehen und scheint um so haltbarer zu sein, je höher erhitzt war.

Der aktive Zustand lässt sich in den gleichen Säuren auch ohne Temperaturerhöhung erreichen, indem man das inaktive Chromstück kurze Zeit zur Kathode eines starken Stromes macht, wodurch das Element aktiv wird, so dass nach Öffnen des Stromes die Wasserstoffentwickelung fortdauert und es die Metalle wie *Cu, Au, Pd, Pt* aus ihren Salzen zu verdrängen und pulverförmig abzuscheiden vermag. Dass das verschiedenartige Verhalten des Chromes nicht durch eine Oxydschicht veranlasst sein kann, beweist der Umstand, dass in Wasserstoffentwickelung begriffenes aktives Chrom, das doch sicher nicht mit einer Oxydschicht bedeckt ist, seine Inaktivität erlangt und gelbe Schlieren von $Cr\, O_3$ herabfallen lässt, wenn man es zur Anode eines hinreichend starken Stromes macht. Auch das Verhalten gegen Jodwasserstoff zeigt, dass nicht eine Oxydschicht die Inaktivität bedingt. Auch hier wird aktives Chrom, das sich in verdünnter kalter HJ zu $Cr\, J_2$ zersetzt, nachdem es zur Anode eines stärkeren Stromes gemacht, inaktiv und vermag kein Jod zu binden, das in dunklen Schlieren herabfällt. Da Jod Wasser nicht zersetzt, so fehlt der Sauerstoff zur Oxydbildung vollständig. Man kann also bequem jeden der beiden Zustände hervorrufen, indem man das Chrom entweder als Anode oder Kathode verwendet. Als Anode wird es inaktiv und ist hierzu eine Intensität des Stromes nötig, die um so grösser sein muss, je stärker die Konzentration der Säure und je höher die Temperatur ist; umgekehrt muss der Strom, der ein Chromstück kathodisch aktiv machen soll, um so kräftiger sein, je verdünnter die Lösung und je niedriger die Temperatur.

Wie der fremde Strom, so vermag auch der Eigenstrom der Kombination $Cr | Na\, Cl_2\; Cr\, O_4 | Pt$ die Inaktivität bei Chrom allmählich hervorzurufen. Schliesst man die Kette durch einen geringen Widerstand, so fällt die elektromotorische Kraft beträchtlich. Sie erreicht jedoch den früheren Betrag wieder, wenn man einen hinreichend grossen Widerstand einschaltet, wozu Hittorf einen Bleistiftstrich auf Ebonitholz verwendet, der etwa 10^7 Siemenseinheiten besitzt. Auch dieses Fallen und Steigen oder, was dasselbe ist, dieses Inaktiv- und Aktivwerden, kann nicht durch eine Oxydschicht erklärt werden.

Auch ohne Anode eines Stromes zu sein, wird Chrom inaktiv unter dem Einfluss stark oxydierender Substanzen wie Chlor- und Bromwasser, Chromsäure und Chlorsäure, von denen die beiden ersteren am kräftigsten einwirken. Durch Jod und Schwefelcyan wird die elektromotorische Kraft nur um ein Geringes heruntergedrückt. Salpetersäure wirkt wieder stärker ein. So erniedrigte z. B. eine konzentrierte Säure die elektromotorische Kraft von 1,68 auf 0,23 Volt, allerdings erst in 15 Stunden. Je tiefer die Temperatur ist, um so länger dauert die erhaltene Passivität an. Stickstoffwasserstoffsaures Natrium wirkt wie *Na Cl*, indem das Chrom inaktiv wird, Chromsäure bildet und während gleichzeitig durch den Geruch erkennbarer freier Stickstoffwasserstoff entsteht. den die Chromsäure unter Stickstoffentwickelung reduziert. Die schwachen Säuren Ameisensäure, Phosphorsäure, Citronensäure, werden von Chrom ohne Stromzufuhr weder bei Zimmertemperatur noch in Siedehitze zersetzt. Bildet jedoch das Metall die Kathode eines kräftigen Stromes, so entsteht bei allen in gleicher Weise seine niedrigste Verbindungsstufe, doch zeigen die Säuren insofern einen beträchtlichen Unterschied, als in Ameisensäure der aktive Zustand erhalten bleibt, während er in Phosphorsäure und Citronensäure sofort wieder verschwindet.

Der aktive Zustand, welchen Chrom bei längerer Berührung mit geschmolzenem $Zn\, Cl_2$ oder $Na\, Cl + K\, Cl$ erlangt, ist weit beständiger als der nach den bereits erwähnten Verfahren erzielte. Die Kette $Cr\; Na\, Cl\; H_2\, Cr\, O_4\; Pt$ mit einem derartigen Chromstück bewahrt ihre elektromotorische Kraft von 1,7 Volt selbst bei bestleitender Verbindung der Elektroden und liefert $Cr\, Cl_2$. Wie Zinkchlorid wirken auch alle Chlor-, Brom-, Jod- und Fluormetalle. Bedeckt man ein Chromstück durch Glühen in der Gebläseflamme mit einer hinreichend starken Oxydschicht, so liefert es in obiger Kombination eine elektromotorische Kraft von 1,8 Volt, die

so konstant ist, dass man ein Silbervoltameter einschalten kann. Aus dem Gewichtsverlust der Chromelektrode ergiebt sich das interessante Resultat, dass Chrom hierbei seine mittlere Verbindungsstufe Chromchlorid bildet. Die gleiche Verbindungsstufe bildet das Metall, wenn man Lösungen von Chlormetallen in absolutem Alkohol mit Chrom als Anode der Elektrolyse bei gewöhnlicher Temperatur unterwirft. Nur einmal erhielt Hittorf aktives Chrom von so ausserordentlicher Beständigkeit, dass es noch bei 10 Volt Spannung in wässriger Lösung von KCl in starken Strömen $CrCl_2$ lieferte, als er nämlich mit Platinfolie umwickeltes Chrom in einer Porzellanröhre im Wasserstoffstrome bis zum Schmelzen der Röhre erhitzte. Die naheliegende Vermutung, dass etwa entstandene Platinlegierungen diese starke Aktivität verursachen könnten, bestätigte sich nicht, da die durch Zusammenschmelzen von Platin und Chrom hergestellten Legierungen geringe elektromotorische Kräfte zeigten.

Nachdem durch die vorhergehenden Untersuchungen Hittorf gezeigt hat, dass nicht eine Oxydschicht die Ursache der Inaktivität von Chrom sein kann, beschäftigt sich derselbe in einer dritten Abhandlung mit der Ursache der Passivität des Eisens.

Bereits Faraday hatte die Hypothese aufgestellt, dass die Passivität des Eisens von einer dünnen Oxydschicht herrührt, eine Annahme, die durch die Versuche Hittorfs sehr unwahrscheinlich gemacht wird. Bildet man die folgende Kombination

$$Fe|NaNO_3|H_2CrO_4|Pt,$$

so zeigt dieselbe eine elektromotorische Kraft von 1,82—1,84 Volt. die jedoch bei geringerem äusseren Widerstand rapid auf 0,1 fällt. Das Eisen ist stark passiv geworden, ein Zustand, der nur von geringer Dauer ist, indem nach Öffnen des Stromes sich rasch die frühere elektromotorische Kraft wieder einstellt. Die Konzentration der Lösung von $NaNO_3$ hat auf dieses Verhalten des Eisens nur geringen Einfluss. Die Rückkehr aus dem passiven in den aktiven Zustand erfolgt langsamer, wenn der Kurzschluss der Kombination sehr lange gedauert hat. Diese stets von selbst eintretende Rückkehr des Eisens aus dem passiven in den aktiven Zustand lehrt deutlich, dass seine Inaktivität nicht durch eine Oxydschicht bedingt sein kann, da das Oxyd in $NaNO_3$ unlöslich ist und einmal entstanden, dauernde Passivität bewirken müsste.

Leichter wie durch den Eigenstrom wird Eisen inaktiv, wenn es zur Anode eines stärkeren Stromes gemacht wird. Wie schon Schönbein fand, entwickelt sich jetzt Sauerstoff wie an einem Edelmetall, da es den Sauerstoff nicht zu binden vermag. Nur bei möglichst niedriger Temperatur konnten Spuren der Eisensäure nachgewiesen werden. Bringt man Eisen in eine neutrale Kupfer- oder Silbernitratlösung, so bewirkt es keine Fällung, eine Passivität, die durch starkes Erhitzen aufgehoben werden kann. In saurer Lösung tritt Fällung ein, die jedoch verhindert wird, wenn man das Eisen zur Anode einer genügend starken elektromotorischen Kraft macht. Wie schon Schönbein gezeigt, genügt die blosse Berührung mit einem elektropositiveren Metalle wie Al, Zn, Cd, selbst aktivem Eisen, um das passive Metall aktiv zu machen, eine Umwandlung, die gasförmiger Wasserstoff nicht bewirkt. Stärker wie die Nitrate rufen die Chromate und Acetate die Passivität hervor, während in Chloraten und Sulfaten die Passivität nur schwer eintritt. Schliesst man die Kombination $Fe|Na_2SO_4|H_2CrO_4|Pt$ kurz, so liefert selbst nach 8 Minuten dauerndem Kurzschluss die Kette eine elektromotorische Kraft von 1,5 Volt. Als Anode eines starken Stromes wird es nur dann passiv, wenn es selbst den Strom schliesst und entwickelt jetzt Sauerstoffblasen. Legt man den äusseren Strom erst an, nachdem das Eisen eingetaucht ist, so ist es auf keine Weise mehr passiv zu machen, sondern fährt fort, das Metall aus der Lösung auszufällen.

Von den Sauerstoffsäuren ist besonders das Verhalten der Salpetersäure gegen Eisen interessant. Die konzentrierte Säure macht das Eisen passiv. Als Anode eines starken Stromes bleibt es blank. Erst in der Nähe der Siedehitze tritt Oxydation ein. Die Kombination $Fe|HNO_3|Pt$ liefert eine elektromotorische Kraft von 0,28 Volt. Bringt man dieses Eisen in die Kombination $Fe|NaNO_3|H_2CrO_4|Pt$, so erhält man sofort eine elektromotorische Kraft von 1,81 Volt. Passivität scheint daher nur während der Berührung mit der starken Säure zu bestehen. Salpetersäure von der Dichte 1,38 vermag Eisen bereits bei niederer Temperatur anzugreifen. In verdünnterer Säure kann man die Auflösung des Eisens verhindern, wenn man es zur Anode eines stärkeren Stromes macht, worauf sich der Sauerstoff gasförmig entwickelt. Öffnet man jedoch den Strom, so löst sich das Eisen auf. Die Lösungen der freien Chromsäure wie Phosphorsäure greifen Eisen stark an. Als Anode eines stärkeren Stromes entwickelt es jedoch Sauerstoff. Die Kombination $Fe|NaOH|H_2CrO_4|Pt$ zeigt vor Stromschluss eine elektromotorische Kraft von 1,59 Volt, nach Stromschluss von wenigen Minuten 0,16 Volt.

Die Annahme, dass der passive Zustand des Eisens durch eine Oxydschicht entsteht, stützt sich vor allem auf einen Versuch Schönbeins, wonach in der Hitze angelaufenes Eisen in Salpetersäure von der Dichte 1,35 Sauerstoff entwickelt. Hittorf zeigt, dass die wie ein

Superoxyd wirkende Oxydschicht in Salpetersäure geringerer Dichte aufgelöst wird und dass angelaufenes Eisen garnicht passiv ist, denn die Kombination: angelaufenes Eisen/$NaNO_3$/H_2CoO_4/Pt zeigt vor Stromschluss am Elektrometer 1,76 Volt. Das angelaufene Chrom stimmt in seinem elektromotorischen Verhalten mit dem angelaufenen Eisen überein und lehrt ebenfalls, dass der passive Zustand nicht von einer Oxydschicht bedingt sein kann.

Nach Eisen, welches gemäss den beschriebenen Versuchen den passiven Zustand bereits weniger fest als Chrom hält und zwar fast nur in Sauerstoffsalzen, folgt Nickel, auf dieses Kobalt. Während in der Lösung salpetersaurer Salze Nickel als Anode noch durch eine fremde elektromotorische Kraft von etwa 2 Volt passiv zu werden und Sauerstoff zu entwickeln vermag, löst Kobalt sich auch unter dem Einfluss fremder Energie als Anode zu $Co(NO_3)_2$. Wie die Nitrate verhalten sich die Sulfate.

In Chromaten und Acetaten vermag jedoch selbst Kobalt als Anode eines stärkeren Stromes passiv zu werden. So besitzt z. B. die Kette $Cr/CH_3CO_2Na/H_2CrO_4/Pt$ vor Stromschluss eine elektromotorische Kraft von 1,52 Volt, nach Kurzschluss weniger wie 0,4 Volt. In freier Salpetersäure kann Kobalt nicht passiv gemacht werden, während Nickel als Anode eines Stromes von etwa 4,1 Volt Spannung Sauerstoff entwickelte. Wie freie Salpetersäure verhält sich freie Schwefelsäure.

Hittorf gelangt zu der Ansicht, dass in der Passivität, die die vier Metalle Chrom, Eisen, Nickel, Kobalt annehmen können, ein Zwangszustand der Molekeln vorliege, der unter bestimmten Bedingungen sich entwickle. Die Zeit, welche die Teilchen gebrauchen, den Zwangszustand aufzugeben, ist abhängig von der Dauer, während welcher er bestanden. Mit der Zunahme dieser Dauer wird die Rückkehr verlangsamt.

Veranlasst durch diese Arbeiten Hittorfs hat Micheli nach einer anderen Methode die Frage nach dem Vorhandensein einer Oxydschicht zu lösen gesucht. Nach A. Oberbeck[1]) beträgt die Dicke eines Metallüberzugs, welcher einem Metall bereits die elektromotorische Wirksamkeit des Materials dieses Überzugs verleiht, 10^{-7} cm. Andererseits lassen sich nach der Methode von P. Drude[2]) durch Bestimmung der optischen Konstanten auf einem Metall noch Verunreinigungen konstatieren, deren Dicke $^1/_{4000}\ \lambda$ beträgt, indem eine Oberflächenschicht stets den Haupteinfallswinkel verkleinert und das Hauptazimut vergrössert. Micheli[1]) findet, dass während aktives Eisen einen Haupteinfallswinkel $\varphi = 74^0\ 42'$ und ein Hauptazimut $\psi = 27^0\ 50'$ besitzt, bei passivem Eisen $\varphi = 69^0\ 20'$; $\psi = 28^0\ 54'$ ist, dass also inaktives Eisen mit einer Oxydschicht bedeckt ist. Micheli macht sein Eisen durch Eintauchen in konz. HNO_3 passiv. Wie jedoch bereits erwähnt, hat Hittorf gezeigt, dass Eisen nur in Berührung mit HNO_3 passiv bleibt. Bei inaktivem wie aktivem Chrom besitzen Haupteinfallswinkel und Hauptazimut nach Micheli den gleichen Betrag.

1) Oberbeck, Wied. Ann., 31.
2) Drude, Wied. Ann. 39.

1) Die Arbeit von Micheli erschien vor der Untersuchung „Über die Passivität der Metalle".

S. Oppenheimer.

(Eingegangen 2. Dezember 1900.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Rapports présentées au Congrès de Physique, réuni à Paris 1900, sous les auspices de la Société française de physique, rassemblés et publiés par Ch. Éd. Guillaume et L. Poincaré, secrétaires généraux du Congrès. 3 Volumes gr.-in 8, avec figures. Paris (Quai des Grands-Augustins, 55) Librairie Gauthier-Villars. 1900. Frcs. 50.–
Tome I. Questions générales. Métrologie. Physique mécanique. Physique moléculaire. Frcs. 18.—
Tome II. Optique. Electricité. Magnetisme. Frcs. 18.–
Tome III. Electro-optique et ionisation. Applications. Physique cosmique. Physique biologique. Frcs. 18.—

Warburg, E., Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende. 5., verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 410 Original-Abbildungen im Text. XX u. 403 S. Tübingen, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck.) 1901. Mk. 7.–

Personalien.

Professor Des Coudres in Göttingen erhielt einen Ruf in die neuerrichtete ausserordentliche Professur für theoretische Physik an der Universität Würzburg, hat denselben aber abgelehnt.

An der Technischen Hochschule in Stuttgart hat sich Dr. Englisch für wissenschaftliche Photographie habilitiert.

Professor Boltzmann in Leipzig wurde zum ord. Mitglied der kgl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften gewählt.

Professor Drude in Giessen erhielt einen Ruf nach Tübingen als Nachfolger von Professor Oberbeck, hat denselben aber abgelehnt.

Professor G. C. Schmidt in Eberswalde folgt zu Ostern dem Rufe in die neuerrichtete ausserordentliche Professur für theoretische Physik an der Universität Erlangen.

Der Privatdozent der Physiologie in Göttingen Dr. H. Boruttau hat den Titel Professor erhalten.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 16. 19. Januar 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Wirkung der Magnetisierung auf den Elastizitätsmodul.[1])

Von J. S. Stevens.

Der unten mitgeteilte Versuch ist der dritte einer Reihe von Experimenten, von denen die beiden ersten bereits in dieser Zeitschrift (I, 234 u. 593) beschrieben worden sind. Ein langer weicher Eisendraht wird aufgehängt und durch ein Gewicht straff gespannt. Eine Änderung in der Länge des Drahtes wird einem System von Hebeln mitgeteilt, welche die Änderung um mehr als das 1000fache vergrössert. Das Ende des letzten Hebels bewegt sich unter dem Felde eines Mikrometer-Mikroskops, dessen Hauptteilungen ungefähr gleich $^1/_{3000}$ mm sind. Der Draht ist von einer Spule, durch die der elektrische Strom fliesst, umgeben. In allen Fällen bewirkt die durch den Strom hervorgerufene Magnetisierung eine Verkürzung des Drahtes, und ist die letztere ungefähr proportional der Stromstärke. Eine grosse Anzahl von Beobachtungen wurde unter verschiedenen Bedingungen ausgeführt. Besondere Sorgfalt wurde dabei angewandt, um Wärmewirkungen zu eliminieren, deren Einfluss vernachlässigt werden konnte. Dieser Versuch, in Verbindung mit den anderen beiden, welche sich auf die Elastizität bei Biegung und Torsion beziehen, scheinen die Thatsache festzustellen, dass der Elastizitätsmodul von Drähten und Stäben durch Magnetisierung vergrössert wird. Diese Schlüsse sind wahrscheinlich von grosser Bedeutung für die Theorie der Konstitution der Materie und der Magnetisierung.

1) Ausführlich in Physic. Rev. 11, 95, 100.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 12. Dezember 1900.)

Eine Methode, die Oberflächenspannung zu messen.

Von J. S. Stevens.

Die bisher benutzten Methoden zur direkten Messung der Oberflächenspannung litten an folgenden Nachteilen: Es war nicht möglich, Kräfte anzuwenden, um die Oberflächenspannung zu zerreissen, welche sich um hinreichend kleine Zunahmen voneinander unterschieden, und ausserdem hatten die Kräfte (Gewichte) stets ein gewisses Moment, wenn sie auf die Wagschale gelegt wurden. Bei der vorliegenden Methode schwimmt eine Scheibe oder ein Draht auf der Oberfläche der Flüssigkeit. In der Mitte der Scheibe ist senkrecht dazu ein weicher Eisendraht befestigt, welcher in die Flüssigkeit taucht. Dieser Draht ist von einer Spule umgeben. Fliesst durch letztere ein Strom, so wird der Draht zur Mitte der Spule gezogen, und bei einer bestimmten Kraft zerreisst die Oberfläche. Durch geeignete Widerstände lässt sich die anziehende Kraft um sehr kleine Grössen variieren; zu gleicher Zeit wirkt sie stetig und nicht ruckweise, wie bei den früheren Versuchen.

Die nach dieser Methode ausgeführten Versuche sind bisher nur roh gewesen; soweit sie reichen, gehorcht die Anziehung dem Gesetze der umgekehrten Quadrate.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 12. Dezember 1900.)

Elektrisches Leuchten, Zerstreuung der Kathodenstrahlen, Weglänge und Ionisation in durchströmten Gasen.[1])

Von J. Stark.

Eine frühere Mitteilung[2]) in dieser Zeitschrift behandelte das elektrische Leuchten verdünnter

1) Ausführliche Abhandlung in den Annalen der Physik.
2) Diese Zeitschr. 1, 396, 1900.

Gase. Sie soll ergänzt werden durch die vorliegende.

1. Räumliche Variation von Ionisation und elektrischem Leuchten. — Es herrscht gegenwärtig die Ansicht vor, das elektrische Leuchten durchströmter Gase sei eine Art Phosphorescenz. Gegenüber dieser Anschauung ist in jener Mitteilung die früher von verschiedenen Forschern in verschiedener Form vertretene Ansicht wieder aufgenommen worden, dass das elektrische Leuchten der Gase ebenso wie das Temperaturleuchten durch den Stoss bewegter Teilchen, speziell bewegter Ionen verursacht werde.

Vor allem die negativen Ionen vermögen infolge ihrer grossen Geschwindigkeit getroffene Massenteilchen zu Schwingungen anzuregen. Der spektrale Charakter des von einem elektrisch leuchtenden Gase ausgestrahlten Lichtes bestimmt sich nach der Geschwindigkeit der erregenden Ionen. Zur Erklärung der räumlichen Verteilung des elektrischen Leuchtens in durchströmten Gasen ist zu unterscheiden zwischen zufälligen und erzwungenen Impulsen. Jene kommen dadurch zu stande, dass ein bewegtes Ion auf seiner Bahn zufällig ein Teilchen trifft; die erzwungenen dadurch, dass entgegengesetzt geladene Ionen durch wechselseitige Anziehung sich aus ihrer Bahn ablenken und so zum Zusammenstoss kommen. Die erzwungenen Impulse sind zahlreicher als die zufälligen. Wo darum eine Gegenströmung von positiven und negativen Ionen statt hat, wird eine stärkere Lichtemission ausgelöst, als wo nur Ionen einer Art durch neutrales Gas wandern. Eine durchströmte Gaspartie leuchtet um so stärker, je mehr positive Ionen (bei konstanter Geschwindigkeit) von negativen Ionen getroffen werden. Dieser Satz gilt nicht bloss dann, wenn die positiven Ionen zahlreicher als die negativen sind (innere Ladung), sondern auch, wenn sie in gleicher Zahl neben den negativen Ionen vorhanden sind; ja das Maximum der Lichtemission tritt in einem durchströmten Gas dann ein, wenn bei sonst gleichen Umständen positive und negative Ionen in gleicher Zahl verteilt sind.

Bezeichnet man mit Ionisation den Zustand eines Gases, in dem frei bewegliche positive und negative Ionen vorhanden sind, so kann man folgendes sagen. Stellen maximaler Lichtemission in einem durchströmten Gase sind Stellen maximaler Ionisation; die räumliche Verteilung des elektrischen Leuchtens fällt nahe (Geschwindigkeitsunterschiede verhindern eine genaue räumliche Deckung) zusammen mit derjenigen der Ionisation; diese wird durch jene sichtbar gemacht. Eine experimentelle Bestätigung dieses Satzes liefert die Untersuchung der Leitfähigkeit eines durchströmten Gases mittels der Methode der Querströme.[1])

Nicht zu vergessen ist, dass in einem Gas auch Strahlungen möglich sind, die unser Auge nicht empfindet. Auch in den scheinbaren Ausnahmen[2]), die dadurch bedingt werden, bleiben die vorstehenden Sätze richtig.

2. Ionisation und Zerstreuung der Kathodenstrahlen. — Unter Kathodenstrahlen sind im folgenden, wie auch sonst, immer bewegte negative Ionen verstanden. Im allgemeinen ist der letztere sachgemässere Namen vorzuziehen; aber um die üblichen Bezeichnungen „Reflexion, Zerstreuung, Absorption u. s. w." gebrauchen zu können, sei im folgenden der Name Kathodenstrahlen beibehalten. Die angestellten Betrachtungen gelten natürlich nicht bloss für die negative Glimmschicht, sondern auch für das geschichtete oder ungeschichtete positive Licht.

Nach E. Goldstein[3]) erfahren Kathodenstrahlen beim Auftreffen auf einen festen Körper Reflexion und zwar diffuse. Nach Ph. Lenard[4]) und E. Goldstein[5]) findet Absorption bezw. diffuse Reflexion oder Zerstreuung der Kathodenstrahlen auch beim Auftreffen auf Gasmoleküle statt.

Nach dem vorausgehenden Abschnitt sind die erzwungenen Zusammenstösse in einem durchströmten Gase zahlreicher als die zufälligen. Durchsetzen Kathodenstrahlen ein ionisiertes Gas, so findet darum Zerstreuung derselben hauptsächlich an den positiven Ionen statt. Die Zerstreuung der Kathodenstrahlen in einem Gas hängt nicht bloss von dessen (chemischer Natur und) Dichte ab, sondern auch von dem Grad seiner Ionisation. Ein Volumenelement eines Gases, dass von primären Kathodenstrahlen durchsetzt ist, sendet nach allen Seiten um so mehr sekundäre Strahlen aus, je grösser in ihm die Anzahl der positiven Ionen oder die Ionisation ist.

Die sekundären Kathodenstrahlen kommen ebenfalls und noch mehr als die primären hauptsächlich mit den positiven Ionen der Gasschicht zum Zusammenstoss; und zwar deswegen mehr, weil sie eine kleinere Geschwindigkeit als diese besitzen. Ein bewegtes negatives Ion oder Kathodenstrahl wird nämlich von einem positiven Ion um so mehr aus seiner Bahn abgelenkt, je kleiner seine Geschwindigkeit oder mit anderen Worten die Kraft ist,

1) Diese Zeitschr. **1**, 433; **2**, 5, 1900; Ann. d. Phys. **3**, 507, 1900.
2) Diese Zeitschr. **1**, 400, 1900; Ann d. Phys. **3**, 239, 503, 1900.
3) E. Goldstein, Wied. Ann **15**, 246, 1882.
4) Ph. Lenard, Wied. Ann. **56**, 255, 1895.
5) E. Goldstein, Wied. Ann. **67**, 92, 1899.

die jene erzeugte. Die Zerstreuung der Kathodenstrahlen hängt demnach auch von ihrer Geschwindigkeit ab. Dies lässt sich aus einigen Messungen von Ph. Lenard[1]) und W. Kaufmann[2]) in der That entnehmen.

Insofern der Zusammenstoss der Kathodenstrahlen mit einem positiven oder neutralen Teilchen einerseits mit einem Verlust von Energie, andererseits mit Lichtemission verbunden ist, lassen sich aus dem Vorstehenden zwei Folgerungen ziehen.

Was die Energie betrifft, so ist folgendes zu sagen. Durch den Zusammenstoss wird kinetische Energie der Kathodenstrahlen teils in Wärme oder kinetische Energie der getroffenen Teilchen umgesetzt, teils in Strahlungsenergie und endlich durch Ionisierung neutraler Partikeln zum Teil in potentielle Energie der Ionisierungsprodukte. Bezeichnen wir diese Energieumwandlung mit Absorption der Kathodenstrahlen, so können wir folgendes sagen. Eine Gasschicht absorbiert Kathodenstrahlen um so stärker oder ist für sie um so undurchsichtiger, je grösser in ihr die Ionisation ist.

Wo in einer Gaspartie die mittlere Geschwindigkeit der Ionen oder mit anderen Worten die treibende Kraft räumlich konstant ist, wie in der ungeschichteten positiven Lichtsäule, wird es scheinen, als ob die Energie der Kathodenstrahlen überall da absorbiert wird, wo sie von der Feldstärke erzeugt wird. Anders ist es beim Ionenschuss[3]); hier hat man ja eine räumliche Variation der Feldstärke und, indem die dahinschiessenden Ionen ihre Energie auf längere Strecken beibehalten, besitzen sie an Stellen kleiner Kraft eine grössere Geschwindigkeit, als dieser entspricht. Die Stellen kleinerer Kraft sind nun Stellen grösserer Ionisation; in diesen, den leuchtenden Partien, wird darum die kinetische Ionenenergie absorbiert, die an der Kathode oder in den dunklen Räumen von der Feldstärke erzeugt wird.[4])

Was die Lichtemission betrifft, so ist bereits darauf hingewiesen worden, dass sie um so bedeutender ist, je grösser die Ionisation ist. Es erübrigt noch folgendes zu sagen. Lichtschwingungen werden nicht bloss durch den Stoss primärer Kathodenstrahlen erzeugt, sondern auch durch die sekundären; ja von den letzteren an zahlreicheren Punkten, da diese wegen ihrer kleineren Geschwindigkeit durch positive Ionen stärker abgelenkt und zerstreut werden.

1) P. Lenard, Wied. Ann. 56, 261, 1895.
2) W. Kaufmann, Wied. Ann. 69, 109, 1899.
3) Diese Zeitschr. 2, 132, 1900.
4) Diese Zeitschr. 2, 152, 1900.

In einer ionisierten oder leuchtenden Partie hat man darum im allgemeinen zu unterscheiden zwischen der Lichterregung durch die primären und derjenigen durch die sekundären Kathodenstrahlen. Gemäss der grösseren Geschwindigkeit der primären liegt das Maximum der spektralen Intensität des von ihnen erregten Lichtes weiter nach dem violetten Ende des Spektrums zu, als dasjenige des Lichtes, das von den sekundären Kathodenstrahlen hervorgebracht wird. Dafür spricht in der That die Beobachtung.[1])

Damit sind wir zu der Anschauung gekommen, die E. Goldstein[2]) über das Zustandekommen des negativen Glimmlichtes entwickelt hat. Er unterscheidet zwischen zwei Arten von Kathodenstrahlen, einer Art, die an der Kathode zu stande kommt (hier primär genannt), und einer zweiten Art, die von Punkten der ersten ausgeht und durch Zerstreuung derselben an den Gasmolekülen entsteht (sekundäre). Diese verursachen nach ihm das negative Glimmlicht.

Nimmt man, wie es hier geschieht, die Kathodenstrahlen als bewegte negative Ionen, nimmt man dazu den Einfluss der Ionisation auf die Zerstreuung der Kathodenstrahlen und beachtet die Abhängigkeit der Zerstreuung und der Lichtemission von der Geschwindigkeit der negativen Ionen, so ist die Anschauung Goldsteins, die übrigens experimentell fest gegründet ist, vollkommen verständlich.

3. Freie Weglänge und Ionisation. — Eine sehr wichtige Grösse ist die Geschwindigkeit der Ionen. Sie ist abhängig von der Feldstärke und der mittleren freien Weglänge der betreffenden Ionenart. Und zwar ist bei konstanter Feldstärke die mittlere maximale Geschwindigkeit oder kurz die Geschwindigkeit eines Ions proportional der Quadratwurzel aus der mittleren Weglänge.

Diese, die mittlere freie Weglänge, hängt ab von der speziellen Natur und der Dichte des neutralen Gases, ausserdem aber auch von dem Grad der Ionisation, ein bewegtes Ion wird nämlich aus seiner Bahn durch ein entgegengesetzt geladenes abgelenkt und kommt dann unter Umständen zum Zusammenstoss mit ihm; je mehr Ionen entgegengesetzter Ladung vorhanden sind, desto kürzer ist die durchschnittliche Weglänge, die es ohne Zusammenstoss zurücklegt. Die mittlere freie Weglänge eines Ions nimmt deshalb ab, wenn die Ionisation zunimmt.

Weiter ergiebt sich folgendes. Bei konstanter Gasdichte und Feldstärke ist die Geschwindigkeit eines Ions um so kleiner, je

1) E. Goldstein, Wied. Ann. 51, 625, 1894.
2) E. Goldstein, Wied. Ann. 67, 84, 1899.

grösser am Ort der erzeugenden Kraft die Ionisation des Gases ist. Wir benützen diesen Satz zur Erklärung eines scheinbaren Widerspruches zwischen zwei Erscheinungen elektrischen Leuchtens.

Eine Glimmentladung in einem Gase bei einem Druck von ungefähr 50 mm und grosser Stromdichte ist, wie W. Hittorf[1]) gezeigt hat, im Gasraum nahezu lichtlos; die Spannungsdifferenz der Elektroden ist dabei relativ gering. Auch im Flammenbogen besitzen Gase nur eine geringe Lichtemission. Andererseits hat aber auch W. Hittorf[2]) folgenden Versuch angestellt. Er benützte als Kathode einen weissglühenden Körper oder einen Flammenbogen (Kohlendampf). In einem stark verdünnten Gas erhielt er dann zwischen einer solchen Kathode und einer gewöhnlichen Anode schon mit 20 Chromsäureelementen eine blau leuchtende geschichtete oder ungeschichtete Entladung.

Diese beiden Versuche scheinen mit dem hier vertretenen Prinzip zur Erklärung des elektrischen Leuchtens in Widerspruch zu stehen. In Wirklichkeit bestätigen sie es.

In der betrachteten leuchtenden Entladung Hittorfs ist nämlich die kinetische Energie oder, wenn man will, die Temperatur[3]) der Ionen viel grösser als in der lichtschwachen Glimm- oder Bogenentladung. Und zwar deswegen, weil die mittlere freie Weglänge hier viel kleiner ist als dort. Aus folgenden Gründen. Erstens ist dort die Gasdichte bedeutend kleiner als hier, zweitens ist hier das Gas viel stärker ionisiert als dort. Es kann darum in der leuchtenden Entladung die Feldstärke kleiner sein als in der lichtschwachen und doch die Geschwindigkeit der Ionen viel grösser. Und so versteht man, dass in dem einen Fall die ausgesandte Strahlung unserem Auge sichtbar ist, während sie es in dem andern Fall noch nicht in dem gleichen Masse ist.

Auch eine andere Erscheinung, die dem hier vertretenen Prinzip zu widersprechen scheint, erklärt sich bei Berücksichtigung der Weglänge. Wir wissen einerseits, dass in der ungeschichteten positiven Lichtsäule bei konstanter Stromdichte das Spannungsgefälle, das hier gleich der treibenden Kraft gesetzt werden darf, abnimmt mit abnehmender Gasdichte;[4]) wir wissen andererseits, dass mit abnehmender Gasdichte das Maximum der spektralen Intensität nach dem violetten Ende des Spektrums hin sich verschiebt.[1]) Dies erklärt sich so. Mit abnehmender Dichte nimmt die Weglänge der Ionen zu, ihre Geschwindigkeit wird darum grösser, auch wenn die Feldstärke etwas abnimmt; und der grösseren Geschwindigkeit entspricht dann Strahlung kürzerer Wellenlänge.

1) W. Hittorf, Wied. Ann. **21**, 111—112, 1884.
2) A. a. O. 133—135.
3) **Man beachte wohl**, dass von der kinetischen Energie oder der „Temperatur" der Ionen, nicht des Gases gesprochen wird. Der Gehalt der Entladebahn an kinetischer Energie und die mittlere Temperatur ist in der Bogenentladung natürlich grösser als in der leuchtenden Glimmentladung.
4) A. Herz, Wied. Ann. **54**, 244, 1895.

1) K. Ångström, Wied. Ann. **48**, 530, 1893.

Göttingen, Dezember 1900.

(Eingegangen 27. Dezember 1900.)

Über die Schichtung in durchströmten Gasen.

Von J. Stark.

Das Nachstehende ist eine Fortsetzung und in gewissem Sinn eine Zusammenfassung früherer Mitteilungen über die elektrische Strömung in Gasen.

Bei der Analyse der geschichteten Entladung in Gasen scheint es geraten, zwei Dinge auseinanderzuhalten, nämlich einerseits den stationären Zustand, andererseits das Zustandekommen desselben. Dass überhaupt eine stationäre geschichtete Entladung möglich ist, zeigt eine demnächst in den Annalen der Physik erscheinende Abhandlung.

1. Stationärer Zustand der Schichtung. — Die Schichtung besteht darin, dass der Zustand des durchströmten Gases und der elektrische Vorgang in ihm eine gewisse räumliche Periodizität besitzen. Es sind zwei Arten ausgezeichneter, aber stetig in einander übergehender Partieen vorhanden.[1]) An den einen ist die Ionisation, die Zahl der in der Volumeneinheit enthaltenen positiven und negativen Ionen, beträchtlich, an den anderen ist sie klein.[2]) Jene Partieen leuchten, diese sind im Vergleich zu jenen dunkel. Auf der Anodenseite (Seite nach der Anode zu) eines Leuchtraumes sitzt (hypothetische Folgerung) eine positive innere Ladung, auf der Kathodenseite eine negative.[3]) An den Elektroden hat eine Verringerung der Ionisation durch Elektrolyse statt; diese Verringerung ist an der Kathode besonders gross infolge des Geschwindigkeitsunterschiedes der positiven und negativen Ionen.[4]) In den Dunkelräumen ist die Kraft, welche die Ionen treibt, grösser als in den leuchtenden;[5]) an der Kathode ist sie wegen der eben genannten Wirkung am grössten. Die räumliche Periodizität des elektrischen Vorganges in einer

1) Ann. d. Phys. **3**, 239, 1900.
2) Diese Zeitschr. 1, 433, 1900; Ann. d. Phys. **3**, 507, 1900.
3) Diese Zeitschr. **1**, 396; **2**, 133, 1900.
4) Ann. d. Phys. **2**, 62; **3**, 500, 1900.
5) Diese Zeitschr. **2**, 5, 1900.

geschichteten Entladung tritt weiter zu Tage in der räumlichen Verteilung des Spannungsgefälles[1]) und dessen Abhängigkeit von der Stromstärke,[2]) im magnetischen Verhalten,[3]) der Verteilung der Temperatur[4]) und der Lichtemission.[5]) Die Schichten sind im allgemeinen ungleich lang, sie sind von der Kathode weg zu zählen, je nach ihrer Ordnungszahl[6]) kommen ihnen neben den gemeinsamen noch besondere Merkmale zu.

Die Frage ist nun, welche Momente wirksam sind, damit die im vorstehenden gekennzeichnete räumliche Periodizität zeitlich konstant bleibe.

Wir wissen, dass bei Anwesenheit eines elektrischen Stromes ein Gas in einem anderen Zustand sich befindet als bei Abwesenheit. In der elektrischen Strömung besitzt das Gas Ionisation; es sind in ihm freie positive und negative Ionen vorhanden. Diese indessen haben, wie nach dem Erlöschen der elektrischen Kraft, so auch während der Strömung das Bestreben, sich wieder zu elektrisch neutralen Gebilden zu vereinigen (Molisierung).

Soll die elektrische Strömung zeitlich konstant sein, so muss die Zahl der auf ihrer Bahn vorhandenen Ionen konstant bleiben; es muss darum die Anzahl der durch Molisierung verschwindenden Ionen beständig durch eine gleich grosse Anzahl neu gebildeter Ionen ersetzt werden. Dies geschicht durch die ionisierende Wirkung[7]) der von der Feldstärke bewegten Ionen.

Doch damit ist lediglich erklärt, warum überhaupt die Ionisation eines Gases im ganzen zeitlich konstant sein kann. Zu fragen ist noch, welche Faktoren die räumliche Variation des Gaszustandes in der Schichtung aufrecht erhalten. Einerseits nämlich würde durch die Diffusion eine räumliche Konstanz der Ionisation nach einer gewissen Zeit herbeigeführt werden; andererseits würden die inneren Ladungen, sich allein überlassen, nach kurzer Zeit verschwinden. Der Grund für das zeitliche Verharren der inneren Ladungen ist der Ionenschuss.[8]) Was die räumliche Variation der Ionisation betrifft, so ist folgendes zu sagen:

Wie bereits an früheren Stellen[9]) auseinandergesetzt wurde, bedingt die räumliche Variation der Stärke des positiven und negativen Stromes eine Ansammlung positiver und negativer Ionen in den Leuchträumen, eine Wegführung in den Dunkelräumen. Ferner verleiht folgende Wirkung den leuchtenden Räumen grössere Ionisation als den dunklen. Der Ionenschuss bedingt eine Verschiebung[1]) zwischen dem Orte, wo einem Ion von der Feldstärke kinetische Energie erteilt wurde, und dem Orte, wo diese in voller Grösse auftritt. Die relativen Maxima der kinetischen Energie der Ionen erscheinen gegen die relativen Maxima der Kraft in der Bewegungsrichtung der Ionen verschoben. Und da die ionisierende Wirkung bewegter Ionen mit deren kinetischer Energie zunimmt, so sind in durchströmten Gasen da, wo die Kraft räumlich variiert, die Stellen maximaler Ionisierung von den Maximal- nach den Minimalstellen der Kraft hin verschoben. Was endlich die Verringerung der Ionisation an den Elektroden, besonders an der Kathode, betrifft, so ist ohne weiteres verständlich, dass sie infolge der andauernden Elektrolyse bezw. Ionenbewegung zeitlich aufrecht erhalten bleibt.

Zusammenfassend kann man folgendes sagen: Zwischen den Wirkungen der Ionisierung, der Molisierung, der Diffusion und der elektrischen Konzentrationsänderung ist im stationären Zustand Gleichgewicht vorhanden. Ist aus irgend einem Grunde in einer Partie die Ionisation gering und darum die treibende Kraft gross, so wird dieser Zustand durch die elektrische Konzentrationsänderung und den Gangunterschied zwischen Ionisierung und Kraft aufrecht erhalten.

Damit ist das Problem der Schichtung in Gasen darauf zurückgeführt, die Ursachen aufzusuchen, welche eine räumlich variable Ionisation bedingen im Vorgang des Zustandekommens der Entladung, also in der Zeit, in welcher die Stromstärke von dem Werte Null bis zu dem Werte im stationären Zustand ansteigt. Es ist zu erwarten, dass die gleichen Ursachen, welche den räumlich variablen Zustand der Schichtung stationär erhalten, auch in dem Zustandekommen der Schichtung wirksam sein werden.

2. Zustandekommen der Schichtung. — In einer ausführlichen Abhandlung möge der Zusammenhang beleuchtet werden, in dem die hier entwickelten Anschauungen mit denjenigen anderer Forscher stehen, vor allem denen E. Goldsteins, O. Lehmanns, J. J. Thomsons.

Nehmen wir an, zwischen zwei Elektroden in einem entsprechend verdünnten Gas werde auf irgend eine Weise eine elektrische Strömung eingeleitet, so findet nach kurzer Zeit folgendes statt: An der Kathode tritt infolge des Geschwindigkeitsunterschiedes der Ionen eine Erniedrigung der Ionisation und damit Erhöhung

1) W. P. Graham, Wied. Ann. **64**, 49, 1897.
2) Ann. d. Phys. **3**, 239, 1900.
3) E. Goldstein, Wied. Ann. **11**, 851, 1880.
4) R. W. Wood, Wied. Ann. **59**, 238, 1896.
5) E. Goldstein, Sitzungsber. d. Berliner Akad. 1876, 291.
6) E. Goldstein, ebenda 290.
7) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. **37**, 336, 1884; J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) **50**, 279, 1900; J. Stark, diese Zeitschr. **2**, 17, 1900.
8) Diese Zeitschr. **2**, 132, 1900.
9) Diese Zeitschr. **2**, 4, 134, 1900.

1) Diese Zeitschr. **2**, 152, 1900.

der Kraft ein; die von ihr wegfliegenden negativen Teilchen nehmen eine grosse Geschwindigkeit an und behalten sie (Ionenschuss) bis auf grössere Strecken bei. In einigem Abstand von der Kathode bewirken sie vermöge ihrer grossen kinetischen Energie starke Ionisierung und damit Sinken der Kraft. Nach Überschreiten dieser Ionisationpartie (negative Glimmschicht) findet infolge Abnahme der Ionisation ein Steigen der Kraft und infolge des Geschwindigkeitsverlustes durch Zusammenstoss eine Ansammlung der negativen Teilchen statt (dunkler Trennungsraum), diese Schicht negativer Ionen und erhöhter Kraft wirkt wie eine neue Kathode. Der Prozess kann darum von neuem beginnen und sich bis zur Anode entsprechend oft wiederholen.

Sind dann einmal in der angegebenen Weise durch die elektrische Konzentrationsänderung und den Ionenschuss Maxima und Minima der Ionisation bezw. der Kraft entstanden, so bilden sie sich auf Grund der oben besprochenen Wirkungen noch weiter aus, bis schliesslich bei genügender Spannungsdifferenz der Elektroden die elektrische Strömung und der Zustand des Gases stationär geworden ist.

In der vorstehenden Auffassung ist zur Erklärung des Zustandekommens der Schichtung lediglich die Bewegung der negativen Ionen herangezogen. In der That kann der Schichtungsvorgang durch die Bewegung der positiven Ionen nur modifiziert, aber nicht wesentlich geändert werden. Gewisse Beobachtungen berechtigen nämlich zu der Annahme, dass die positiven Ionen unter gleichen Umständen eine bedeutend kleinere Geschwindigkeit und auch kleinere kinetische Energie annehmen als die negativen. Aus diesem Unterschied ist die Abhängigkeit der Schichtung von der Kathode und ihre Asymmetrie zu erklären. Nur eine Schichtungserscheinung ist auf die Bewegung der positiven Ionen zurückzuführen, das ist der an die negative Glimmschicht grenzende Teil des dunklen Kathodenraumes. Er verdankt seine Entstehung der aus ihm heraus gegen die Kathode hinschiessenden positiven Ionen; diese erlangen nämlich hier unter der grossen lokalen Kraft eine so grosse Geschwindigkeit, dass sie die Wirkungen der negativen Ionen nachahmen können.

Die wichtigste Grösse bei den ins Auge gefassten Wirkungen ist die Geschwindigkeit bezw. die kinetische Energie der Ionen. Diese hängt ab von der mittleren freien Weglänge der Ionen und der Verteilung der diese treibenden Kraft. Die Dimensionen der Schichten werden darum von diesen zwei Grössen, Weglänge und Kraft, bestimmt.

Göttingen, 20. Dezember 1900.

(Eingegangen 23. Dezember 1900.)

Versuch einer Erklärung der Beobachtungen von Herrn Emilio Villari über Entwickelung von elektrischen Ladungen durch „Röntgenluft".

Von Ernst Dorn.

Herr Villari[1]) trieb Luft, welche vorher der Wirkung von Röntgenstrahlen ausgesetzt gewesen war, durch gerade oder zu einem Knäuel gewickelte Metallröhren, über aufgerollte Drahtnetze oder dünne Bleche u. s. w. Die von der „Röntgenluft" getroffenen Metalle zeigten je nach Umständen Ladung von verschiedenem Vorzeichen: wenn die durchstrahlte Luft sich mit einer gewissen Energie an den Körpern rieb, wurden dieselben positiv, wenn dagegen die Luft leicht über dieselben hinstrich, negativ.

Die von Herrn Villari selbst (unter Vorbehalt) gegebene Erklärung scheint mir nicht annehmbar, weil er eine Elektrizität verschwinden lassen will, indem sie „bei der Verwandlung der *X*-Luft in gewöhnliche Luft verbraucht wird". Eine Ausnahme von dem Satze, dass stets beide „Elektrizitäten" in gleicher Menge entstehen oder verschwinden, wird man ohne die zwingendsten Beweise nicht zugeben können.

Als Erklärungsgrund möchte ich vielmehr verwerten die von Zeleny[2]) festgestellte Verschiedenheit der Geschwindigkeit der positiven und negativen von Röntgenstrahlen erzeugten Ionen in gleichen elektrischen Feldern.

Mit einziger Ausnahme der feuchten Kohlensäure waren bei allen untersuchten Gasen die negativen Ionen schneller als die positiven, woraus man auf eine grössere Masse der letzteren schliessen wird.

Wenn nun das Gas ohne erhebliche Reibung an der Metallwand entlang streicht, so wird jedes derselben hinreichend nahe Ion eine seiner eigenen entgegengesetzte Ladung auf der Wand induzieren und unter dem Einfluss des so entstandenen Feldes sich der Wand zu nähern streben. Infolge ihrer geringeren Masse werden die negativen Ionen sich rascher bewegen und in grösserer Zahl ihre Ladung abgeben können als die positiven.

Bei starker Reibung, wo auf kurzer Strecke häufige Änderungen in der Bewegungsrichtung eintreten, wird dieser Vorgang in seiner Wirkung durch einen andern mehr als ausgeglichen.

Die massigeren positiven Ionen werden unter den nicht ionisierten Gasteilchen länger ihre Bewegungsrichtung beibehalten und dadurch mehr befähigt sein, bis zu dem nächsten entgegenstehenden Hindernis durchzudringen und

1) Villari, Rendiconti Lincei fasc. IX, 1 u. 2 sem. 1900 und diese Zeitschr. **2**, 178, 1900.

2) Phil. Mag. (5) **46**, 120, 1898 und Proc. Royal Soc. **66**, 238, 1900.

diesem ihre Ladung mitzuteilen, als die leichteren negativen.

Man muss hierbei im Auge behalten, dass beide Arten von Ionen in Gasen von gewöhnlichem Drucke die nicht ionisirten Gasmoleküle (infolge der Bildung von Molekülkomplexen) an Masse weit übertreffen.

Will man sich durch eine grobsinnliche Vorstellung den Vorgang veranschaulichen, so denke man sich Sand, dem Gesteinsbrocken von zwei verschiedenen Grössen beigemengt sind, in einen winkligen Schacht hinabgeworfen.

(Eingegangen 30. Dezember 1900.)

Über Adsorption von Gasen an Glaspulver.

Von Pet. Mülfarth.

Dass feste Körper Gase an ihrer Oberfläche verdichten und erst wieder nach langem Erhitzen auf hohe Temperaturen unter sehr geringen Drucken von ihrer Oberfläche entlassen, ist eine längst bekannte Thatsache. Dass diese Gasadsorption bei physikalischen wie chemischen Untersuchungen von bedeutendem Einfluss sein kann, ist keine Frage. Abgesehen davon, beanspruchen die Adsorptionserscheinungen an und für sich des Interesses genug.

Wohl am häufigsten wird man zu rechnen haben mit der Adsorption von Gasen an Glasoberflächen. Soweit diese Erscheinungen untersucht waren,[1]) besonders von H. Kayser,[2]) fanden sich, in Übereinstimmung mit den früheren Resultaten über Adsorption an anderen festen Oberflächen, die Gesetze:

1) Die adsorbierte Menge nimmt zu mit sinkender Temperatur.

2) Steigerung des Druckes vergrössert die Adsorption.

3) Die Adsorption ist in spätestens ein paar Stunden beendet.

Da führte eine Reihe von Arbeiten Bunsens über Adsorption von Kohlensäure an Glasfäden[3]) zu ganz entgegengesetzten Ergebnissen, im wesentlichen zu folgenden:

1) Die adsorbierte Menge nimmt zu mit steigender Temperatur.

1) G. Magnus, Pogg. Ann. 1853, **89**, 604; P. Chappuis (Wied. Ann. **8**, 1 und 667, 1879; Joulin, Compt. Rend. XC, 741, 1880; E. W. R. Pfeiffer, Inaug.-Diss. Erlangen 1882; genaueres s. meine Dissertation, Bonn 1900.

2) H. Kayser, Wied. Ann. **14**, 453, 1881; ibid. **15**, 624, 1882; ibid. **21**, 495, 1884; ibid. **22**, 416, 1884.

3) R. Bunsen, Wied. Ann. **20**, 545, 1883; ibid. **22**, 145, 1884; ibid. **24**, 321, 1885; ibid. **29**, 161, 1886.

2) Druckschwankungen von $^1/_2$ Atmosphäre sind noch ohne Einfluss auf der Verlauf der Adsorption.

3) Die Adsorption braucht zu ihrer Vollendung Monate, ja Jahre.

Den Grund dieser Erscheinungen glaubte Bunsen einzig und allein in der an der Glasoberfläche „capillar" festgehaltenen Wasserhaut suchen zu müssen, die erst beim Trocknen des Glases bei 500° Celsius gänzlich verschwinde und von der das Gas „absorbiert" werde.

H. Krause[1]) dehnte diese Bunsenschen Resultate noch insofern aus, als nach seinen Beobachtungen, bei 500° getrocknete Glasfäden überhaupt keine messbare Menge Kohlensäure absorbieren.

Ich unternahm, die Bunsenschen Ergebnisse wenigstens für Glaspulver nachzuprüfen.

Die Methode, der ich mich bediente,[2]) war kurz skizziert, diese:

In eine Glasbirne, welche teilweise mit Glaspulver gefüllt war, wurde eine bekannte Menge Gas eingelassen. Die leere Birne hat das Volumen 242, 325 ccm, der leere Raum neben dem Pulver betrug 135,91 ccm. Aus Gasdruck und Temperatur konnte gefolgert werden, wieviel Gas sich bei der bestimmten Temperatur verdichte.

Ich habe zunächst mit CO_2 experimentiert.

Ich stellte drei Beobachtungsreihen an bei 22° Cels. (Die obenerwähnte Glasbirne befand sich in einem Wasserbade von 22° Cels.) Die absorbierende Oberfläche wurde getrocknet und gasfrei gemacht durch tagelanges Erhitzen auf 400—420° Cels., vor der III. Reihe auf 500°, während gleichzeitig eine Töpler-Hagensche Luftpumpe das losgelöste Gas beseitigte. Die drei Reihen ergaben, wenn *A* die eingelassene Menge, *B* den Druck, *C* die adsorbierte Menge Gas bezeichnet (*A* und *C* reduziert auf 0° und 760 mm Quecksilberdruck):

I.			II.		
A	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*
25,71	151,5	0,80	26,02	152,8	0,80
46,87	276,4	1,43	46,77	275,1	1,39
63,20	374,3	1,70	63.21	373,1	1.59
76,51	455 6	1,70	78,84	466,6	1,73
85,24	507,8	1,89	91,22	536,6	2,02
92,56	548,6	2,04	102,08	606,9	2,04
102,79	610,3	2,25	109,85	643,7	2,30
111,26	660,7	2,26	116,82	694,5	2,34
118,27	695,3	2,56	122,95	725,4	2,50
123,33	728,4	2,59			
127,73	754,9	2,69			

1) H. Krause, Wied. Ann. **36**, 923, 1889.

2) Ausführliches siehe in der Originalabhandlung, Inauguraldissertation, Bonn 1900, oder in deren ausführlichem Auszug, Ann. d. Phys. **3**, 328—352, 1900.

III.

A	*B*	*C*
25,00	147,4	0,77
46,57	274,8	1,25
64,85	381,7	1,66
79,85	472,5	1,77
92,55	584,9	1,93
102,15	604,8	2,05

Die Adsorption war stets in 1—2 Stunden beendet.

Daran schloss sich eine Reihe (IV.) mit völlig trockenem[1]) Glaspulver bei 0° Cels.

IV.

A	*B*	*C*
23,43	124,5	0,99
44,40	240,9	1,35
62,06	336,0	1,98
76,55	415,9	2,18
89,24	485,7	2,37
100,51	547,8	2,54
108,91	594,1	2,66
116,06	633,6	2,76
122,40	668,5	2,85
126,76	692,5	2,92

Die Adsorption war in 1—2 Stunden vollendet.

Aus diesen Versuchen mit völlig trockenem Glaspulver und Kohlensäure, auf deren gehörige Trocknung vor dem Einlassen die grösste Sorgfalt verwandt worden war, folgt:

1) Auch an völlig trockenem Glaspulver werden namhafte Mengen Kohlensäure adsorbiert, was H. Krauses Resultat für Glasfäden widerspricht.

2) Die Adsorption wächst mit steigendem Drucke.

3) Die Adsorption wächst mit sinkender Temperatur.

4) Die Vollendung der Adsorption trifft stets in 1—2 Stunden ein.

Um den Einfluss der Gegenwart von Feuchtigkeit auf die Adsorption zu erforschen, war es bei dem benutzten Apparate am zweckmässigsten[2]) feuchte CO_2 mit dem Glaspulver in Berührung zu bringen, und die Adsorption abzuwarten, wobei man dann die Stärke der Adsorption mit den Werten der Reihen I, II, III vergleichen konnte, wenn man auch hier 22° Cels. als Beobachtungstemperatur nahm wie dort.

Es fand sich:

1) Die Anwesenheit von Feuchtigkeit steigert die adsorbierte Menge nicht so ungeheuer wie Bunsen und H. Krause fanden, sondern verzögert nur die Vollendung der Adsorption, die jetzt in einigen Tagen eintritt, nicht, wie nach Bunsen, erst in einigen Jahren. Die schliesslich adsorbierte Menge ist kaum verschieden von der an völlig trockenem Glaspulver adsorbierten Menge völlig trockener Kohlensäure.

2) Steigende Temperatur verringert die Adsorption, und

3) Drucksteigerungen schon von ca. 100 mm vergrössern sofort die adsorbierte Menge, was beides Bunsens Resultaten widerspricht.

Ich schloss einige Beobachtungsreihen mit anderen völlig trockenen Gasen und vollkommen trockenem Glaspulver (vor jeder Reihe wurde die Trocknung des Glaspulvers und dessen Befreiung von Gas so vorgenommen, wie vor der III. und IV. Reihe). Es ergab sich folgendes:

Reihe mit SO_2 bei 22°			Reihe mit SO_2 bei 0°		
A	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*
26,86	126,6	5,81	24,83	106,9	5,72
49,19	257,5	6,73	47,84	209,7	6,76
68,83	371,8	7,36	66,76	327,7	8,16
84,76	457,0	8,61	81,48	408,3	8,47
95,83	526,9	8,59	93,09	471,8	8,71
106,50	594,7	8,72	102,25	521,9	8,92
114,39	639,2	9,04	108,89	558,4	9,03
120,67	671,6	9,81	114,85	589,8	9,38
125,43	698,3	10,08			
130,55	728,1	10,11			

Die Adsorption war in 1—2 Stunden vollendet.

Reihe mit NH_3 bei 0°.

A	*B*	*C*
28,59	106,4	9,57
44,59	181,6	12,11
67,30	292,8	14,94
83,18	368,4	17,30
100,63	456,7	18,96
115,53	528,2	21,07
128,45	589,2	23,08
149,73	696,3	25,21

Die Vollendung der Adsorption trat erst in ca. 24 Stunden ein.

Reihe mit N_2O bei 0°.

A	*B*	*C*
27,61	148,7	1,02
49,55	269,1	1,43
70,05	382,3	1,68
87,03	476,9	1,75
100,68	551,7	2,02
133,91	615,8	2,09

Die Adsorption war vollendet stets in 2—3 Stunden.

Reihe mit C_2H_2 bei 0°.

A	*B*	*C*
27,29	149,1	0,63
50,64	278,2	0,89
126,94	704,0	1,05

1) Hier wurde beim Trocknen auf 500° erhitzt etc. wie vor Reihe III.

2) Auch hier muss ich auf die Dissertation verweisen oder Ann. d. Phys. a. o. O.

Die Adsorption brauchte 1—2 Stunden bis zur Vollendung.

Wie man sieht, steigt die Adsorption mit wachsendem Drucke und, soweit die Untersuchung reichte, mit sinkender Temperatur, folglich gelten auch für die Adsorption von Gasen an Glaspulver dieselben Gesetze, die man vor Bunsen für die Adsorption überhaupt gefunden hatte. Hinsichtlich der Stärke der Adsorption geordnet, folgen die hier untersuchten Gase steigend so aufeinander: C_2H_2, N_2O, CO_2, SO_2, NH_3. Es werden also im allgemeinen die am leichtesten zu verdichtenden Gase auch am stärksten adsorbiert.

(Eingegangen 30. Dezember 1900.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

M. Reinganum (Münster), Über die Theorie der Zustandsgleichung und der inneren Reibung der Gase.[1]

In allen Theorien, welche sich auf den Begriffen der mittleren Weglänge und damit der Grösse der molekularen Wirkungssphären aufbauen, also einerseits den Theorien der inneren Reibung, Wärmeleitung und Diffusion und andererseits der van der Waalsschen Theorie der Zustandsgleichung, hatten sich zwar in vielen Punkten glänzende Erfolge ergeben, doch stellten sich andererseits gewisse Schwierigkeiten heraus, die bisher noch nicht in befriedigender Weise gehoben wurden. Ich möchte daher die Hauptzüge einer Theorie kurz auseinandersetzen, welche es versucht, diese Schwierigkeiten von einem sich in natürlicher Weise ergebenden Standpunkte aus zu überwinden. Gleichzeitig wird sich die Möglichkeit ergeben, zu einer Auffassung vom Wesen der Molekularkräfte zu gelangen, welche mit den Anschauungen in gutem Einklang ist, die sich in neuester Zeit für andere Gebiete der Physik als nützlich erwiesen haben.

Wir wollen zunächst unsere Grundhypothesen fixieren. Dieselben unterscheiden sich nur wenig von jenen, welche van der Waals seinen Betrachtungen zu Grunde gelegt hat.

Erstens soll die Zeitdauer der Abstossung der Moleküle für die Zwecke der Gastheorie vernachlässigt werden können. Wir nehmen also praktisch momentane elastische Stösse an.

Zweitens sollen die Anziehungskräfte kontinuierlich, aber sehr stark mit der Entfernung abnehmen, so dass sie in messbarer Entfernung unmerklich werden. Auch sollen sie keine in Betracht kommende Funktion der Geschwindigkeit sein.

In diesen beiden Punkten entfernen wir uns also nicht von der Anschauung von van der Waals. Nun macht aber van der Waals in seiner Ausgangsbetrachtung die weitere Hypothese, dass auf ein Molekül im Innern eines Gases die Anziehungskräfte keine Wirkung ausüben können, da das Molekül gleichmässig nach allen Seiten gezogen wird. Durch diese Annahme gelingt es, erstens die Zahl der Stösse allein aus der Grösse des Molekulardurchmessers zu berechnen, indem man ja von den Anziehungskräften im Innern ganz abstrahieren kann, und zweitens ergiebt sich in der bekannten einfachen Weise die Form des inneren Druckes zu $\frac{a}{v^2}$.

Andere Methoden von H. A. Lorentz und Boltzmann für die Stosskräfte, sowie von Bakker und Boltzmann für den inneren Druck haben gezeigt, dass in der That für geringe Dichten die Schlüsse von van der Waals die exakten Folgerungen der Voraussetzungen sind, und auch die Modifikation der Gleichung für etwas grössere Dichten ist, nachdem schon Kamerlingh Onnes die allgemeine Form angegeben hatte, von G. Jäger, Boltzmann, van der Waals selbst, und von van Laar festgestellt worden.

Nun scheint aber die Existenz eines Anziehungsgesetzes kaum möglich zu sein, welches rasche Abnahme der Kraft mit der Entfernung ausdrückt und dabei gleichzeitig völlige Kompensation der Kräfte im Innern für alle Dichten zur Folge haben soll. Vielmehr werden die Anziehungskräfte, wenigstens bei genügender Verdünnung des Gases, sich nur dann geltend machen, wenn sich zwei Moleküle besonders einander nähern, und werden alsdann eine planetarische Wirkung der Moleküle aufeinander hervorrufen. Je dichter aber das Gas komprimiert wird, umsomehr müssen sich wirklich die Kräfte im Innern kompensieren, und um so richtiger wird die Hypothese von van der Waals.

Van der Waals selbst hat sich in seiner Kontinuität im Laufe der Untersuchung in einer gewissen Betrachtung (Kontinuität 1. Aufl.

1) Das Referat unterscheidet sich von dem Vortrag durch Hinzufügung einiger Citate.

S. 110 u. 113, 2. Aufl. S. 117, 120 u. 181) der Auffassung zugewendet, dass nur bei den Stössen die Anziehungskräfte wirken. Ähnliche Andeutungen haben H. A. Lorentz und Tait gemacht, Sutherland (Phil. Mag. 1893) hat den Gedanken wenigstens für die innere Reibung durchzuführen versucht. Doch kann man in jenen Versuchen höchstens Andeutungen des Gedankens erkennen.

Für grössere Dichten gewinnt, wie schon bemerkt, die van der Waalssche Hypothese von der Kompensation der Kräfte immer mehr an Berechtigung. Ebenso müssen aber auch, wie man schon ohne Rechnung einsehen kann, mit steigender Temperatur die Ablenkungen durch die Anziehungskräfte immer geringer und weniger in Betracht kommend werden, da die fortschreitende Energie der Moleküle eine grössere ist, so dass auch hier als Grenze die Form der van der Waalsschen Gleichung sich herausstellen muss.

Was die Summe der fortschreitenden Energie der Moleküle betrifft, so ist zu beachten, dass dieselbe nach den Untersuchungen von Boltzmann weder durch äussere noch durch innere Kräfte sich ändern kann, sondern immer in demselben konstanten Verhältnis zur absoluten Temperatur stehen muss.

Ich möchte nun zunächst kurz andeuten, wie das scheinbar sehr schwierige Problem sich theoretisch behandeln lässt. Die Aufgabe lässt sich wenigstens für geringe Dichten in verhältnismässig einfacher Weise exakt behandeln, und zwar durch Anwendung eines ausserordentlich umfassenden Gesetzes von Boltzmann, welches die Dichteverteilung innerhalb eines im Wärmegleichgewicht befindlichen Systemes materieller, mit Kräften begabter Punkte bestimmt, auf welche beliebige äussere oder innere Kräfte wirken. Danach ist die Wahrscheinlichkeit, dass n-Moleküle in einer solchen Lage sind, dass sich das erste im Raumelement do_1, das zweite in do_2 u. s. w. befindet, gleich

$$e^{-2h\chi}\, do_1 \cdot do_2 \cdots do_n .$$

Für eine andere Lage ist die Wahrscheinlichkeit

$$e^{-2h\chi'} \cdot do'_2 \cdot do'_2 \cdots op \quad .$$

χ ist der Wert der Kraftfunktion in der ersten, χ' in der zweiten Lage, d. h. die Arbeit, die erforderlich ist, die materiellen Punkte aus einer Lage, in der sie keine Wirkung mehr aufeinander ausüben, in die betreffende Lage zu bringen.

Für h gilt

$$h = \frac{3}{2 m u^2} \tag{1}$$

worin $\frac{1}{2} m u^2$ die mittlere fortschreitende Energie der Moleküle, die also der absoluten Temperatur proportional ist, bedeutet.

Handelt es sich um die Arbeit, die gewonnen wird, wenn zwei Moleküle sich bis zur Berührung, also bis auf einen Abstand der Centren gleich dem Durchmesser σ der Moleküle, nähern, so erhalten wir also:

$$e^{2h\chi(\sigma)} = e^{\frac{c}{T}} \tag{2}$$

worin c von der Temperatur und bei geringen Dichten auch von dem Volumen unabhängig sein muss.

Die Anwendung des Satzes ergiebt als Zustandsgleichung bei geringen Dichten, also mit Rücksicht auf die beschleunigenden Kräfte im Innern:

$$\left(p + \frac{f\left(\frac{c}{T}\right)}{v^2}\right)\left(v - b e^{\frac{c}{T}}\right) = R\,T, \tag{3}$$

während sich aus der Annahme der Kompensation der Kräfte die Gleichung von van der Waals ergeben würde:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = R\,T. \tag{4}$$

$f\left(\frac{c}{T}\right)$ bedeutet eine nur vom Wirkungsgesetz der Kräfte abhängige Funktion, welche aber für manche Anwendungen unbestimmt bleiben kann.

$e^{\frac{c}{T}}$ ist das Verhältnis, in welchem die Zahl der Stösse durch die Anziehungskräfte vermehrt ist. In demselben Verhältnis ist also die mittlere Weglänge verkleinert.

Für letztere Grösse gilt nun bekanntlich ohne Kräfte

$$l = \frac{1}{\sqrt{2}\, N \pi \sigma^2}$$

worin N die Zahl der Moleküle in der Volumeneinheit bedeutet. Durch die Kräfte erhält man daher

$$l = \frac{1}{\sqrt{2}\, N \pi \sigma^2 \cdot e^{\frac{c}{T}}} \cdot$$

Ist ϱ die Dichte, so gilt für die innere Reibung

$$\eta = 0{,}3503 \cdot \varrho \cdot u \cdot l$$

und wir erhalten durch Einsetzen unseres Wertes für l

$$\eta = \frac{0{,}3503 \cdot \varrho \cdot u}{\sqrt{2}\, N \pi \sigma^2 \cdot e^{\frac{c}{T}}} \tag{5}$$

Die Gleichung der Theorie ohne Kräfte unterscheidet sich also hiervon durch das Fehlen des Gliedes $e^{\frac{c}{T}}$ im Nenner.

Wir wollen nunmehr einerseits die Zustandsgleichung (3) und andererseits die Gleichung der inneren Reibung (5) mit der Erfahrung vergleichen.

In der ersten Aufgabe kommt es besonders

darauf an, von Willkür in der Wahl der Konstanten möglichst frei zu bleiben. Wir benutzen daher eine Methode, welche erlaubt, das Glied $\frac{f\left(\frac{c}{T}\right)}{v^2}$ zunächst gesondert zu bestimmen und durch Einsetzen in die Zustandsgleichung nachträglich $b\,e^{\frac{c}{T}}$ zu finden.

Für die van der Waalssche Gleichung lassen sich nun zwei Definitionen für a finden, in welchen b nicht enthalten ist:

$$1.\quad a = \left(T\frac{\partial p}{\partial T} - p\right) v^2$$

und

$$2.\quad a = v\int_v^\infty \left(T\frac{\partial p}{\partial T} - p\right) dv.$$

Diese Beziehungen lassen sich durch Substitution leicht nachprüfen. Wir fragen uns, ob vielleicht eine dieser beiden Definitionen richtig bleibt, wenn a und b Temperaturfunktionen und bei grösseren Dichten auch Volumfunktionen werden? Nun bedeutet vermöge einer thermodynamischen Beziehung das Integral in der zweiten Definition die Ausdehnungswärme abzüglich der äusseren Arbeit, wenn das System vom Volumen V isotherm auf unendlich grosses Volumen gebracht wird. Diese Grösse ist aber die vorhandene potentielle Energie, und Anwendung des Virialsatzes ergiebt, einerlei ob Beschleunigungen im Innern vorhanden sind oder nicht:

$$a \text{ oder } f\left(\frac{c}{T}\right) = k\,v\int_v^\infty \left(T\frac{\partial p}{\partial T} - p\right) dv.$$

Die Konstante k ist abhängig vom Wirkungsgesetz der Kraft und aus verschiedenen Gründen, von welchen ein theoretischer am Schluss besprochen werden soll, gleich 1 zu setzen. Somit erweist sich die zweite der obigen Definitionen für a als allgemein, und ist auch von mir in einem Versuch zur Begründung einer Zustandsgleichung angewandt worden.[1]) Wegen der speziellen Form von $f\left(\frac{c}{T}\right)$ führt aber für geringe Dichten, um die es sich hier handelt, auch die erste Definition zu demselben Werte des inneren Druckes.

Für Isopentan, dessen Isothermen von Young vorzüglich festgestellt sind, und das in Bezug auf das Gesetz der übereinstimmenden Zustände ganz zu den normalen Körpern gehört, kann man auch für grössere Verdünnungen, allerdings noch mit einigem Spielraum, $b\,e^{\frac{c}{T}}$ berechnen, und man erhält für die Temperatur 200° C.

$$b\,e^{\frac{c}{T}} = 6{,}0 \text{ cm}^3$$

mit einer Unsicherheit von etwa ± 5 Proz.

Es ist bemerkenswert, dass dieser Ausdruck sich als noch grösser ergiebt wie das kritische Volumen $V_{kr.}$, welches 4,266 ccm beträgt.

Würde man die van der Waalssche Gleichung zu Grunde legen, so erhielte man die bekannte Beziehung $b = \frac{1}{3} V_{kr.}$, also $b = 1{,}422$ ccm, ein Wert, der mit dem oben empirisch erhaltenen für $b\,e^{\frac{c}{T}}$ im grössten Gegensatz steht. Wir können jedoch nicht durch Kombination der beiden Werte $e^{\frac{c}{T}}$ berechnen, da die Gleichung von van der Waals gar nicht beansprucht, bis zur kritischen Dichte gültig zu sein, sondern b auch schon ohne die Kräfte als Volumfunktion angenommen wird.

Bei dem gegenwärtigen Stande der Theorie dieser Volumenfunktion lässt sich aber schon jetzt sagen, dass diese keinesfalls beträchtlich genug ist, um für grosse Volumina unseren grossen empirischen Grenzwert für $b\,e^{\frac{c}{T}}$ zu erreichen. Daraus lässt sich schliessen, dass $e^{\frac{c}{T}}$ von Eins merklich verschieden sein muss.

Ferner findet man bei steigender Temperatur Abnahme von $b\,e^{\frac{c}{T}}$, was auch nur aus einer Theorie folgen kann, die für c einen in Betracht kommenden Wert annimmt. Aus den Werten für zwei Temperaturen könnte man nun b und c gesondert bestimmen, doch müssten die Experimente bei geringen Dichten noch viel genauer sein, um die Grössen auf diese Weise zuverlässig zu trennen.

Wir schlagen daher einen anderen Weg ein, indem wir bedenken, dass b das Vierfache des von den Molekülen eingenommenen Raumes β bedeutet. Nach Mathias ist das kleinste Volumen, das eine Flüssigkeit einnimmt, welche mit ihrem Dampf im Gleichgewicht ist, gleich $\frac{1}{3} V_{kr.}$ Haben alsdann die kugelförmig gedachten Moleküle ihre engste Lagerung, so bekommen wir als oberen Grenzwert $b = 4{,}2$ cm³ und daraus $c = 148$.

Nun kann eine solche Flüssigkeit durch äussere Drucke noch um ca. 15 Proz. komprimiert werden. Nehmen wir ausserdem an, dass die theoretische engste Lagerung noch nicht ganz, sondern auch nur auf etwa 15 Proz. erreicht ist, so erhalten wir als unteren Grenzwert, der allerdings nicht so sicher eine äusserste Grenze ist als wie der obere:

$$b = 3{,}0 \quad \text{und} \quad c = 327.$$

Wir wollen es hier unterlassen, aus dem Verhalten von Isopentan bei grossen Dichten die Grenzen für b noch enger zu ziehen, weil wir

1) Theorie und Aufstellung einer Zustandsgleichung. Diss. Göttingen 1899.

für grosse Dichten neue Hypothesen hinzunehmen müssen, da die Theorie der Volumkorrektion noch nicht genügend ausgearbeitet ist, um rein theoretisch etwas aussagen zu können.

Drücken wir c in Bruchteilen der kritischen Temperatur aus, so ergiebt sich

$$0{,}31\ \mathrm{Tkr.} < c < 0{,}71 \cdot \mathrm{Tkr.}$$

$$\text{Im Mittel: } c = 0{,}51\ \mathrm{Tkr.}$$

Dieses Resultat muss in erster Annäherung für alle Stoffe gelten, welche dem Gesetz der korrespondierenden Zustände genügen.

Rechnungen an Kohlensäure und Äther führen in der That zu demselben Wert für c.

Wir wollen nunmehr sehen, welche Werte sich für c aus der Gleichung (5) der inneren Reibung berechnen. Wir bilden das Verhältnis der inneren Reibung für zwei verschiedene Temperaturen und erhalten

$$\frac{\eta_{T_1}}{\eta_{T_2}} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \cdot e^{\frac{c(T_1 - T_2)}{T_1 T_2}}.$$

Die Grösse c hängt also eng mit dem abnormen Temperaturkoeffizienten der inneren Reibung zusammen.

Aus den Versuchen von Breitenbach (Wied. Ann. **67**, 803, 1899) sowie den neuesten Versuchen von Raygleigh berechnete ich aus dieser Gleichung für c folgende Tabelle.

	c Breitenb.	c Raygl.	Tkr.	$\frac{c}{\mathrm{Tkr.}}$
Wasserstoff	61,7	59,6	38,5	1,56
Luft	92,2	83,5	132	0.67
Kohlensäure	154,1		304	0,51
Äthylen	145		283	0,51
Chlormethyl	195,6		416	0,47
Sauerstoff		92,8	155	0,60
Argon		99		
Quecksilber (Koch)		660	(945)	0,70

Für die Gemische von Luft und Äthylen erhalten wir nach den Versuchen von Breitenbach die folgenden Werte:

% Luftgehalt	c	Tkr.	$\frac{c}{\mathrm{Tkr.}}$
9,69	139	268	0,52
45,39	115	214	0,54
86,44	92,5	152	0,61

Hierbei sind die kritischen Temperaturen nach der Mischungsregel berechnet, was für unseren Zweck genügend genau ist.

Es sei bemerkt, dass das Beobachtungsmaterial durch die Formel vorzüglich innerhalb der experimentellen Fehler dargestellt wird. Unsere Gleichung ist auch der Formel von Sutherland überlegen, welche statt $e^{\frac{c}{T}}$ den Ausdruck $1 + \frac{c}{T}$, das erste Glied der Exponentialreihe, enthält, und zwar besonders dadurch, dass der Sutherlandsche Ausdruck für grosse Temperaturkoeffizienten, wie bei den Estern und Quecksilberdampf, gänzlich versagt. Das Hauptresultat unserer Formel ist daher, dass nunmehr der Moleküldurchmesser von seiner Veränderlichkeit mit der Temperatur befreit und eine mit anderen Grössen vergleichbare Konstante geworden ist. Hierdurch erhält auch unsere Kenntnis von der absoluten Zahl und den Dimensionen der Moleküle einen viel sicheren Boden, und es lassen sich von diesem Standpunkte aus diese Grössen einer Revision unterziehen.

Die erhaltenen Zahlenwerte für c sind in hohem Maass von kleinen Fehlern in der schwierigen experimentellen Bestimmung des Temperaturkoeffizienten abhängig. Dies tritt besonders da hervor, wo der Temperaturkoeffizient an sich sehr klein ist, wie bei Wasserstoff.

In Anbetracht dieses Umstandes sind die Werte von c mit genügender Annäherung den kritischen Temperaturen proportional, und die Abweichungen sind sicher teilweise in den Beobachtungsfehlern und nicht allein in Abweichungen vom Gesetz der übereinstimmenden Zustände begründet. Als mittleren Wert für c erhalten wir, wenn wir von Wasserstoff absehen, 0,58 in genügender Übereinstimmung mit unserem Resultat aus der Zustandsgleichung.

Beziehungen zwischen der inneren Reibung verschiedener Gase für übereinstimmende Zustände hat Herr Kamerlingh Onnes abgeleitet, und zwar aus dem Satze, dass sich die molekularen Systeme in korrespondierenden Punkten in mechanisch ähnlichen Zuständen befinden. Seine Beziehung erweist sich bei Kohlensäure und Chlormethyl bis zu Dichten der Flüssigkeit als gut erfüllt. Aus der angenäherten Proportionalität von c und Tkr. geht also hervor, dass auch die „anomalen" Temperaturkoeffizienten der inneren Reibung sich dem Gesetze der übereinstimmenden Zustände einordnen. Wegen des Prinzipes der mechanischen Ähnlichkeit lässt sich hieraus wieder auf die Gleichartigkeit des molekularen Kraftgesetzes schliessen.

Wir wollen nunmehr unsere Resultate benutzen, um eine spezielle Anschauung über das Wesen der Molekularkräfte zu prüfen, aus welcher für k, den Faktor des inneren Druckes, welchen wir gleich Eins gesetzt haben, sehr nahe dieser Wert sich theoretisch ergiebt. Da der Zahlenwert für k eng mit dem Kraftwirkungsgesetz zusammenhängt, so haben wir uns, indem wir denselben mit van der Waals gleich Eins gewählt haben, bereits für eine bestimmte Gruppe von Wirkungsgesetzen entschieden. Wie zuerst Herr Bakker gezeigt hat (Journ. de Phys.), ist eine Lösung für die Annahme $k = 1$ die Anziehung umgekehrt proportional der vierten Potenz der Entfernung.

Galitzine hat gezeigt, dass Kraftwirkungen nach diesem Gesetz durch die Resonanzwirkung der Strahlung entstehen können, und Herr van der Waals jr., welcher diesen Gedanken in allgemeinerer Weise behandelt hat (Amsterdam, Akad. v. Wetensch. 1900), zeigt, dass die Differentialgleichungen von Galitzine die erste Annäherung seiner allgemeineren Gleichungen sind. Auch berechnet er, dass die Strahlungskräfte, allerdings nur wenn eine Reihe von Hypothesen erfüllt ist, von der Grössenordnung der Molekularkräfte werden können.

Wenn wir uns aber der Helmholtz-Lorentzschen atomistischen Hypothese der Elektrizität, der Elektronentheorie, anschliessen und eine beschränkte Anzahl gleich viel positiver und negativer Elektronen am oder im Molekül haftend annehmen, so müssen wegen der ungleichförmigen Verteilung der Elektrizitäten im Allgemeinen in erster Linie die elektrostatischen und nicht die elektromagnetischen Kräfte zwischen zwei Molekülen zu berücksichtigen sein. Unsere Betrachtung hat alsdann mit der von Richarz für die chemischen Kräfte eine gewisse Ähnlichkeit, welcher für diese auch elektrostatische Wirkungen der Ionenladungen zu Grunde legt.

Wir machen die einfachste Annahme, dass wir kugelförmige Moleküle vom Durchmesser σ haben, und in jedem ein positives und ein negatives Elektron im Abstand ε voneinander sich befindet, und zwar sollen sie symmetrisch zum Centrum in der Linie eines Durchmessers liegen. Zwei Moleküle haben daher das Bestreben, ihre ungleichnamigen Elektronen einander zuzudrehen und wir wollen für unsere Überschlagsrechnung annehmen, dass Dämpfung vorhanden ist, so dass die Moleküle keine Schwingungen um ihre gegenseitige Gleichgewichtsrichtung ausführen. Das Anziehungsgesetz der Centren zweier Moleküle muss dann, wie leicht zu berechnen, dasselbe sein wie das zweier kleiner Magnete, und es gilt also Anziehung umgekehrt proportional der vierten Potenz der Entfernung, solange ε klein gegen den Abstand r zweier Centren ist.

Ist daher letzteres der Fall, so ist also unsere Hypothese $k = 1$ in Annäherung erfüllt. Andererseits wird sich ε noch von der Grössenordnung der molekularen Dimensionen ergeben müssen, wenn unsere Hypothese über das Wesen der Molekularkräfte plausibel sein soll.

Wir benutzen die Beziehungen:

2) $$2h\,\chi(\sigma) = \frac{c}{T}$$

und die aus der angedeuteten Elektronentheorie leicht folgende Gleichung:

$$\chi(\sigma) = \frac{2 \cdot \varepsilon^2 \cdot e^2}{\sigma^3}\,\cdot$$

e ist die Ladung eines Elektrons, welche gleich der eines einwertigen elektrolytischen Ions gesetzt wird.

Durch geeignete Kombination erhalten wir

$$\varepsilon^2 = \frac{c \cdot (N m u^2) \cdot N \sigma^3}{6 \cdot T (N e)^2}$$

Ne bedeutet das elektrochemische Äquivalent, $N \cdot m$ die Gesamtmasse, $N\sigma^3$ hängt mit b durch der Gleichung zusammen

$$\tfrac{2}{3}\,\pi \cdot N \sigma^3 = b \cdot M$$

worin M das Molekulargewicht bedeutet.

Für das Kohlensäuremolekül berechnet sich auf diese Weise der Abstand ε der Elektronen zu

$$\varepsilon = 1{,}84 \cdot 10^{-9}\ \text{cm},$$

während der Durchmesser des Moleküls ungefähr beträgt

$$\sigma = 8 \cdot 10^{-8}\ \text{cm}.$$

Die berechnete Entfernung ε fällt also in die molekularen Dimensionen und steht in guter Übereinstimmung mit der Theorie. Es sei bemerkt, dass unsere Schlussweise nicht geändert wird, wenn die Elektronenpaare statt in der Mitte des Moleküls etwa an der Oberfläche haften. Bei mehratomigen Molekülen hat aber auch die erste Auffassung keine Schwierigkeiten. Es ist jedoch am wahrscheinlichsten, dass unsere Entfernung ε der zwei Elektronen nur eine kompliziertere Anordnung mehrerer Elektronenpaare für die Wirkung nach aussen ersetzt.

Auf alle Fälle scheint aber der erhaltene Wert für ε wahrscheinlich zu machen, dass die Lösung des Problemes der Molekularkräfte in der angedeuteten Weise zu suchen ist.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 3. Dezember 1900.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Boltzmann (Leipzig). Was die Theorie der Zustandsgleichung anbetrifft, so bin ich mit Ihrer Ableitung einverstanden. Bei der Reibung könnte jedoch das Maxwellsche Gesetz gestört sein. Haben Sie dasselbe Ihrer Rechnung zu Grunde gelegt?

Reinganum. Ich habe die Gültigkeit desselben angenommen.

Boltzmann. Diese Annahme halte ich für hypothetisch, doch habe ich, wenn man diese Hypothese annimmt, gegen Ihre Ausführungen nichts einzuwenden.

Max Wien (Aachen), Über die Erzeugung und Messung von Sinusströmen.

Eine Schwierigkeit für viele Untersuchungen mit elektrischen Schwingungen, die durch Kondensatorentladungen erzeugt werden, ist die

starke und unregelmässige Dämpfung. Ein akustisches Analogon zu den Schwingungen eines Hertzschen Oscillators würde etwa darin zu finden sein, wenn eine Uhr alle Tage einmal schlüge, und dieser Schlag müsste noch ausserordentlich schnell abklingen. Mit einer solchen Tonquelle könnten Versuche über Resonanz, über Schwebungen u. s. w. nur in sehr unvollkommener Weise angestellt werden.

Das Ideal elektrischer Schwingungen wären kontinuierliche, reine Sinusschwingungen, deren Schwingungsszahl in beliebigen Grenzen etwa zwischen 1 und 1000 Billionen in der Sekunde variiert werden könnte.

Dieses Ideal erreichen die Wechselströme, die ich Ihnen hier vorführen will, noch lange nicht, weil ihre Frequenz sich nicht über 17000 erhebt. In derselben Weise könnte man vielleicht noch bis zu 50000 kommen, aber wohl kaum höher. Hingegen ist die reine Sinusform mit grosser Annäherung erreicht, da keine der höhern Komponenten über 1 Prozent des Grundstroms hinausgeht.

Der Apparat, mit dem diese Schwingungen erzeugt werden, die Wechselstromsirene, ist ähnlich dem v. Kriesschen Induktionsapparat konstruiert. Das Prinzip habe ich schon vor 2 Jahren in Düsseldorf beschrieben; ich kann mich daher sehr kurz fassen. Eine Scheibe aus Messing oder Holz enthält eine Reihe von Eisenstücken, ähnlich wie die Löcher bei einer akustischen Sirene angeordnet, und wird durch einen Motor in schnelle Rotation versetzt. Die Scheibe läuft zwischen den Polen eines Elektromagneten, dessen Pole eine Wickelung aus dünnem Kupferdraht tragen. Jedesmal, wenn ein Eisenstück der Scheibe zwischen den Polen des Elektromagnetes vorbeikommt, ändert sich die Anzahl der magnetischen Kraftlinien, und es entsteht ein Wechselstrom, dessen Schwingungszahl = der Anzahl der Eisenstücke mal der Umdrehungszahl des Motors ist. Sind z. B. 250 Eisenstücke vorhanden und macht der Motor 16 Touren in der Sekunde, so ist die Frequenz des Wechselstromes = 4000.

Die so erzeugte elektromotorische Kraft ist durchaus nicht sinusförmig. Der Strom wird jedoch durch elektrische Resonanz von den Oberströmen gereinigt. Zu diesem Zweck schaltet man einen passenden Kondensator und Induktionsrollen in den Stromkreis ein, dann ist die Stromamplitude $= \frac{E}{\sqrt{W^2 + \left(nL - \frac{1}{nC}\right)^2}}$, worin n die Schwingungszahl, in 2π Sekunden, E die Amplitude der elektromotorischen Kraft, W den Widerstand, L die Selbstinduktion und C die Kapazität bedeuten. Für $n^2 = \frac{1}{CL}$ wird das 2. Glied im Nenner = 0 und der Strom hat ein Maximum. Dies möchte ich Ihnen zunächst einmal zeigen. Es ist in unserem Fall $W = 32{,}0$ Ohm, $L = 3{,}09 \cdot 10^7$, $C = 0{,}051$ M.F.; im Nebenschluss ist ein Kohlrauschsches Dynamometer eingeschaltet, welches den Strom anzeigt. Sie sehen, dass, wenn ich jetzt die Tourenzahl des Motors allmählich erhöhe, der Ausschlag des Dynamometers steigt, für $N = 4008$ ein ausgesprochenes Maximum erreicht, um dann wieder schnell zu sinken.

Hierauf beruht die Reinigung des Stromes der Wechselstromsirene von den Oberströmen, indem durch die Resonanzschaltung nur der Grundstrom erheblich verstärkt wird, die andern Ströme nur in sehr geringem Masse.

Alle Resultate der Theorie in Bezug auf die Resonanz lassen sich mit Hilfe dieser schnellen Sinusströme mit grosser Genauigkeit wiedergeben, z. B. die Rückwirkung eines resonierenden Systems. Koppelt man ein zweites elektrisches System, das auf die gleiche Schwingungszahl eingestimmt ist $\left(n_1 = \frac{1}{\sqrt{C_1 L_1}} = \frac{1}{\sqrt{C_2 L_2}} = n_2\right)$ mit dem eben besprochenen, indem man eine Induktionsrolle des Systems I auf eine andere, die dem System II angehört, legt, so ergiebt die Theorie 2 Maxima der Stromintensität, und dazwischen ein Minimum, wenn die Schwingungszahl des Stromes gerade mit der gemeinsamen Eigenperiode der beiden Systeme übereinstimmt ($n = n_1 = n_2$). Sie sehen, dass jetzt der Dynamometerausschlag 2 ausgesprochene Maxima besitzt, und dass dazwischen ein Minimum liegt, in welchem die Stromintensität annähernd = 0 wird, genau an der Stelle, wo vorhin bei dem einfachen System das Maximum war.

Die in der angegebenen Weise erzeugten Sinusströme sollen vor allem dazu dienen, Messungen elektromagnetischer Grössen anzustellen und ihre Änderungen mit der Schwingungszahl zu verfolgen. Solche Messungen geschehen meistens mittels der Wheatstoneschen Brückenkombination, und wir brauchen daher ein Instrument, das eine empfindliche Nulleinstellung gestattet.

Das Hörtelephon ist an sich empfindlich genug. Leider ermüdet das Ohr bei den hohen Tönen ausserordentlich schnell; ausserdem stellt sich oft ein subjektives Nachklingen im Ohr ein, so dass die Einstellungen äusserst schwierig werden. Für tiefere Schwingungen wären das optische Telephon und das Rubenssche Vibrationsgalvanometer geeignet. Diese Apparate haben sich, obgleich sie bei manchen Messungen Vorteile bieten, wenig eingebürgert, vielleicht weil das Arbeiten damit zunächst einige Schwierigkeiten bietet. Daher möchte ich Ihnen hier eine Abart des Vibrationsgalvanometers vor-

führen, die sich mehr an die gewöhnlichen Galvanometer anschliesst, und deren Handhabung daher wohl leichter sein dürfte.

Das Prinzip ist sehr einfach: Denken Sie sich ein modernes leichtes Galvanometersystem statt an einem dünnen Quarzfaden aufgehängt, in der Mitte eines ausgespannten Drahtes befestigt. Die Schwingungsdauer wird dadurch sehr viel kürzer und die Empfindlichkeit dementsprechend kleiner. Nur für einen Wechselstrom, dessen Periode gerade mit der Eigenperiode des Systems übereinstimmt, wird dasselbe in verhältnismässig starke Torsionsschwingungen geraten. Es ist also gewissermassen eine Anwendung der Multiplikationsmethode auf ein System mit kurzer Periode. Das magnetische Feld ist verstärkt durch Einlegen eines Kernes aus weichen dünnen Eisendrähten in die Galvanometerrollen.

Für ganz hohe Frequenzen, über 2000 in der Sekunde, benutzte ich ein Bellati-Giltaysches Dynamometer mit sehr leichtem System. Ich schicke dieses System mit einigen Systemen für das Vibrationsgalvanometer herum. Die Empfindlichkeit des Dynamometers übersteigt nicht 10^{-7} Ampère, dieselbe ist jedoch für alle Schwingungszahlen dieselbe, während mit dem Vibrationsgalvanometer für eine Frequenz von 100 ein Strom von $7 \cdot 10^{-10}$ noch nachgewiesen werden konnte, jedoch nahm die Empfindlichkeit hier mit dem Quadrat der Schwingungszahl ab.

Ich möchte hier nicht näher auf die Apparate eingehen. Ich habe sie drüben in meinem Zimmer aufgestellt und bin gerne bereit, dieselben in Thätigkeit zu zeigen, falls sich jemand der Herren dafür interessieren sollte.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 21. Dezember 1900.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Grützner: Ich habe vor einiger Zeit, ähnlich wie v. Kries, einen Apparat zu physiologischen Zwecken gebaut, der dem von Ihnen beschriebenen sehr ähnlich war. Ich habe ihn Reiz-Sirene genannt. Zwischen den zwei Polen eines Siemensschen Telephons rotierte ein Rad mit eisernen Zähnen von verschiedener Gestalt. Es kam dann die Erscheinung zu stande, die der Vortragende geschildert hat. Man konnte damit auch nachweisen, dass gewisse Nerven für langsam ansteigende Ströme, andere für schnell ansteigende Ströme besser erregbar sind.

M. Wien: Es wird mich sehr interessieren, die Versuche kennen zu lernen[1]).

1) Die Grütznersche Reizsirene liefert, ebenso wie der v. Kriessche Induktionsapparat Wechselströme von geringer Frequenz, die sich wohl für physiologische Versuche, jedoch wegen ihrer geringen Intensität und grossen Abweichung von der Sinusform wohl kaum für physikalische Messungen eignen dürften.

BESPRECHUNGEN.

W. Ostwald, Grundlinien der anorganischen Chemie. XX u. 795 Seiten mit 122 Figuren. Leipzig, Wilhelm Engelmann. 1900. Preis in Lwdbd. 16 Mk., Hfz. 18 Mk.

Dass eine Darstellung der anorganischen Chemie seitens des Verfassers nicht nur dem Chemiker, sondern ebenso dem Physiker eine wertvolle Gabe bringt, bedarf keiner besonderen Versicherung. Schon länger hätte das durch seine Mannigfaltigkeit erdrückende Material anorganisch-chemischer Thatsachen einer Hand bedurft, die es in die physikalisch-chemischen Gesetze einordnete, um Klarheit einerseits über den wissenschaftlichen Besitzstand, andererseits über die der Lösung harrenden Probleme zu schaffen. Dies ist in dem vorliegenden Werke in Bezug auf die Grundlinien der anorganischen Chemie, d. h. ohne Vollständigkeit in den Einzelheiten zu erstreben, mit kundiger Hand geschehen. Das Buch hat aber gleichzeitig den Zweck, den Hochschulunterricht der anorganischen Chemie im Sinne der modernen Theorien umzugestalten, und es ist deshalb ein sorgfältig erwogener Lehrgang nach pädagogischen Rücksichten eingeschlagen. Die allgemeinen Gesetze werden stets an der Hand konkreter Beispiele entwickelt und der speziellen Behandlung der Elemente und ihrer Verbindungen geht eine kursorische Übersicht derselben voraus, nachdem die allgemeinsten Erfahrungssätze entwickelt sind. Von besonderem Interesse ist dieser einleitende Teil, weil hier die Eigenart des Verfassers am meisten zum Ausdruck kommt: die hier bethätigte Abneigung gegen den Gebrauch theoretischer Anschauungsbilder, wie der Atome und Molekeln, wenn dieselben sich auch im Laufe der Wissenschaft einen noch so weit anerkannten Platz erworben haben, geht wohl etwas weiter, als dass es auf allgemeine Zustimmung rechnen dürfte; die Anschaulichkeit der Darstellung wird hier geopfert oder doch beeinträchtigt, um nicht den — kaum gefährlichen — Schein zu erwecken, als sollen die Hypothesen für absolute Wahrheiten gelten.

Natürlich soll damit nicht gesagt sein, dass die empirische Behandlungsweise eine objektiv unrichtige sei; das ist Ansichtssache; und jedenfalls ist durch die Darstellungskunst des Verfassers die Gefahr der Unanschaulichkeit weitergehend vermieden, als es wohl sonst möglich wäre. In einem gewissen Gegensatz zu der Sparsamkeit in Hypothesen steht andererseits die Aufnahme des Metastabilitätsbegriffes (S. 495), für dessen Existenzberechtigung im Unterschied zur Labilität bisher noch keine Belege gefunden werden konnten. Ebenso ist das Gesetz vom Ersterscheinen der unbeständigsten Form (S. 215) wohl nur als eine Regel zu betrachten, die häufig Ausnahmen zeigt (vgl. Wald, Ztschr. physik. Chem. **24**, 509, 1897). Zu erwähnen sind ferner zwei neue deutsche Wortbildungen: „Räumlichkeit" und „Formart" an Stelle der international bekannten Bezeichnungen „spezifisches Volum" und „Aggregatzustand".

In Bezug auf die spezielle Behandlung des Stoffes könnte man vielleicht vermuten, dass den physikalisch-chemischen Gesetzen zu Liebe der rein chemische Thatsacheninhalt der anorganischen Chemie zu kurz gekommen sei, doch wird man bewundern und staunen, wie vielseitig gerade in dieser Beziehung die Darstellung ist. Die mannigfachsten Thatsachen der Technik und des täglichen Lebens sind behandelt und oft in origineller neuer Auffassung wiedergegeben oder zu anderen Erscheinungen in Beziehungen gesetzt, die für das Verständnis wesentliche Fortschritte bedeuten. Dass man ausserdem über Thatsachen von speziell physikalisch-chemischem Interesse, wie die Existenzbedingungen der Salzhydrate, Dampfdruckverhältnisse, Hydrolyse, Dissoziation etc. vollständiger Auskunft erhält, als in fast allen bisherigen Lehrbüchern der Chemie, braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden.

An Unrichtigkeiten im einzelnen ist kaum etwas zu erwähnen: die sauren Salze des Schwefelwasserstoffes reagieren nicht neutral (S. 278), sondern stark alkalisch, es hätte hier dieselbe Argumentation angeführt werden müssen, wie sie bei den Bikarbonaten (S. 467) richtig gegeben ist. Die S. 49 aufgestellte Behauptung, dass Sauerstoffgas in sehr dicken Schichten blau ist, dürfte auf einer Verwechslung mit dem Himmelsblau beruhen, während die weisse Farbe des Sternen- und Mondlichts beweist, dass keine bemerkbare Absorptionsfarbe vorliegt.

Einer besonderen Empfehlung bedarf das interessante Buch seitens des Berichterstatters nicht. R. A.

(Eingegangen 11. Dezember 1900.)

Rud. Arendt, Technik der Experimentalchemie. 3. Aufl. XXXVI und 822 Seiten mit 878 Holzschnitten und 1 Tafel. Hamburg, L. Voss. 1900. 20 Mk.

Das vorliegende Werk verdient insofern die besondere Beachtung des Physikers und Physikochemikers, als es mit sehr grosser Vollständigkeit Apparate und Manipulationen beschreibt und im Bilde vorführt, welche bei den verschiedensten Experimentalarbeiten sich als praktisch bewährt haben. Neben den täglichen Hilfsmitteln des Laboratiums findet man eine grosse Reihe weniger bekannter Apparate und Vorrichtungen beschrieben, die vorkommendenfalls ausgezeichnete Dienste leisten können und deren Sammlung deshalb sehr dankenswert ist. Für den Gebrauchsfall ist sehr zweckmässigerweise am Schlusse des Buches von einer empfehlenswerten Leipziger Bezugsquelle (Hugershoff) ein Preisverzeichnis der abgehandelten Apparate angefügt.

Der zweite Teil des Werkes enthält eine detaillierte Beschreibung und Anleitung chemischer Vorlesungsversuche, die für den Leserkreis der Zeitschrift geringeres Interesse bietet. Die neuere Elektro- und Physikochemie hat keine Berücksichtigung gefunden. R. A.

(Eingegangen 11. Dezember 1900.)

Personalien.

Am 14. Dezember starb in Denver (Colorado) der Elektrochemiker Karl Höpfner, 42 Jahre alt.

Der in weiteren Kreisen durch seine Mikrotome etc. bekannte Mechaniker R. Jung in Heidelberg ist, 55 Jahre alt, gestorben.

Berichtigungen.

Zu dem Aufsatze „Zur Anwendung der Fourierschen Reihenentwickelung in der Optik" von C. H. Wind (II, S. 189) ist

Seite 192 links Zeile 19 v. u.: statt 194 zu lesen: 193,
„ „ rechts „ 24 „ : „ 190 „ „ : 191,
„ 193 links „ 6 v. o.: „ x „ „ : n
„ „ „ „ 2 v. u.: „ „nachher über alle" zu lesen: „über alle ungeraden",
„ „ „ „ 1 „ : nach dem Zeichen ∞ einzusetzen: „und dann über die ungeraden Werte von n und die geraden von n",
„ 193 rechts Zeile 15 v. o.: statt 191 zu lesen: 192,
„ 194 links „ 23 v. u.: „ „zu denjenigen Zeitpunkten": zu lesen „in Zeitteilen".
„ „ „ „ 22 v. u.: nach „Superposition" einzusetzen: „fortwährend".

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 17. 26. Januar 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über Antikohärer.

Von Erich Marx.

1. In der Technik der Funkentelegraphie sind seit einiger Zeit auf verschiedenen Empfangsstationen der Ozeandampfer die Branlyschen Kohärer durch Empfänger ersetzt worden, die unter dem Namen „Antikohärer" oder „Schäfer'sche Platte" bekannt sind. Diese bestehen aus feinen Rissen in Silberspiegeln, ähnlich denen, wie sie Righi zuerst als Empfänger für elektrische Wellen verwandt hat. Während nun die von Herrn Righi verwandten Silberstreifen auf Resonanz abgestimmt werden, und ihre Detektorwirkung in dem Auftreten kleiner Funken besteht, welche mittelst Lupe auf Entfernungen bis etwa 50 m noch wahrzunehmen sind, wird bei Verwendung der Silberspalte in der Wellentelegraphie, die Widerstandsänderung, welche diese Spalte bei elektrischer Bestrahlung erleiden, beobachtet.

Diese Methode des Nachweises elektrischer Wellen ist ausserordentlich empfindlich. Bei Versuchen auf hoher See konnten bei der üblichen Anordnung für Funkentelegraphie noch auf 95 km Entfernung sichere Signale erhalten werden, Entfernungen, die den mit den empfindlichsten Kohärern erhaltenen nicht nachstehen.

2. Eine Methode, elektrische Wellen durch die Widerstandsänderung nachzuweisen, die bei Bestrahlung von Metallspalten auftritt, ist schon seit langer Zeit bekannt. Herr Neugeschwender[1]) zeigte, dass feine Metallspalten ihren Ohmschen Widerstand bei Bestrahlung durch elektrische Wellen wesentlich vergrössern, falls dieselben mit einer dünnen Feuchtigkeitshaut überzogen sind. Der physikalische Vorgang, der dieser Erscheinung zu Grunde liegt, ist jedoch wesentlich verschieden von dem, welcher bei den sogenannten „Schäferschen Platten" auftritt.

1) A. Neugeschwender, Wied. Ann. **67**, 431, 1899; **68**, 92, 1899.

Bei Neugeschwender hat man es mit wirklichen Metallspalten zu thun. Die beiden Seiten des Metallspaltes bilden die Elektroden, zwischen denen die Feuchtigkeitsschicht elektrolysirt wird.

Unter dem Mikroskop sieht man im Silberspalte bei nicht zu grosser elektromotorischer Kraft, Brücken entstehen, die dendritenartig von einer Seite des Spaltes zur anderen führen. Durch diese Brücken wird die Leitfähigkeit hergestellt; treffen elektrische Wellen auf den Spalt, so werden die Brücken zerstört und der Widerstand des Stromkreises nimmt zu; er nimmt sehr schnell seinen Anfangswert wieder an, wenn die Bestrahlung aufhört und die umgebende Luft Feuchtigkeit enthält.

Die von Herrn Neugeschwender entdeckte Erscheinung beruht also auf Veränderungen, welche in der Lösung vor sich gehen, die zwischen den Metallelektroden sich befindet, sie tritt gar nicht auf, wenn der Spalt trocken gehalten wird. Von praktischer Bedeutung für die Funkentelegraphie konnten die Neugeschwenderschen Spalte wegen der geringen Haltbarkeit derselben nicht werden.

3. Demgegenüber fand Herr Schäfer, dass auch ganz trockne Spalte eine solche Widerstandsänderung aufweisen. Bei diesen trocknen Silberspalten, deren Schaltung in Fig. 1 dargestellt ist, kann die Neugeschwendersche Erscheinung nicht auftreten, da die, den Silberspalt umgebende Luft peinlichst ausgetrocknet wird. Eine genauere Beobachtung ergiebt, dass wir es hier auch gar nicht mit wirklichen Silberspalten zu thun haben. Der die Silberfläche teilende Schnitt trennt die Schicht nicht vollständig. In dem Stromkreis, welcher den Silberspalt enthält, zirkulirt ein Strom von etwa 30 Milliampère. Man kann vermittelst eines Gravierdiamanten, wie bei Righi[1]) angegeben, leicht Spalte von nur $^1/_{100}$ mm Breite herstellen; diese

1) A. Righi: Die Optik der elektrischen Schwingungen S. 24.

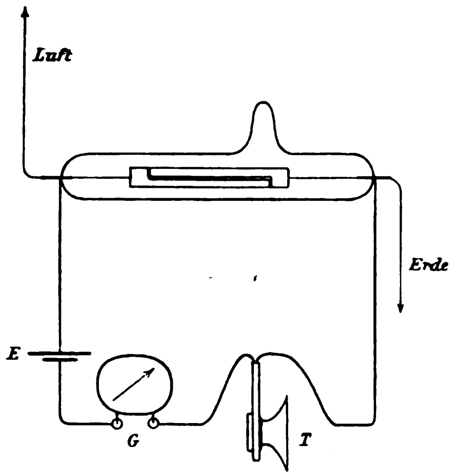


Fig. 1.

Spalte erweisen sich fast nie als vollständige Unterbrechungen, sondern zeigen bei einer Länge von 30 mm einen Widerstand von etwa 40 Ohm. Ist der Widerstand wesentlich geringer, so ist es vorteilhaft, ihn durch Durchbrennen der vorhandenen Brücken zu vergrössern.

Wenn nun auf einen solchen trocknen Silberschlitz elektrische Wellen auftreffen, so zeigt das Galvanometer sofort einen Rückgang des Stromes von 30 Milliampère auf 10 Milliampère an; wird die Bestrahlung unterbrochen, so tritt sofort die Anfangsstromstärke in dem Empfängerkreise wieder auf. Ein solcher Silberschlitz wirkt also im Gegensatz zu Branlys Kohärer bei elektrischer Bestrahlung widerstandsvergrössernd. Aus diesem Grunde wurde ihm der Name „Antikohärer" sicherlich wohl mit Unrecht, gegeben. Gerade für solche Schlitze wäre, wie aus folgendem ersichtlich, der Bedeutung des Wortes nach, der Name Kohärer zutreffend gewesen, was für den Branlyschen Kohärer nicht erwiesen erscheint.[1]) Wenn der Spalt kurze Zeit in Gebrauch ist, so werden die Verhältnisse so konstant, dass nach Aufhören der Bestrahlung die ursprüngliche Stromstärke stets sehr nahe erreicht wird.

4. Es ist sehr merkwürdig, mit welcher Schnelligkeit ein solcher Silberspalt arbeitet. Schaltet man in den Stromkreis ein Telephon, so hört man den Rhythmus der schnellsten Unterbrechungen eines Wehnelt- oder Turbinen-Unterbrechers mit ausserordentlicher Schärfe. Für die Praxis der Fnnkentelegraphie ist diese Erscheinung, auf die wir nachher noch zurückkommen, von grosser Wichtigkeit. Hier erfolgt die Morsezeichengebung durch längeres und kürzeres Einschalten der Funkenstrecke des Induktoriums. Wenn von 2 Induktorien mit verschiedener Unterbrechungszahl Zeichen gegeben werden, so hört man am Rhythmus des Telephontons deutlich, von welchem Induktorium die Zeichen gegeben werden. Auf der nach System Schäfer eingerichteten Telegraphenstation der österreichischen Marine in Pola wurden, hierauf fussend, Versuche mit Multiplex-Telegraphie angestellt; es wurden zwei Telephone in den Empfängerkreis eingeschaltet und gleichzeitig zwei Telegramme von zwei verschiedenen Induktorien aufgegeben. Indem die Beamten an den beiden Telephonen jeder nur die Zeichen von bestimmtem Rhythmus vermerkten, konnten beide Telegramme mit demselben Empfangsapparate registriert werden. Die Untersuchung des physikalischen Vorganges in diesen Silberschlitzen ergiebt nun folgendes.

5. Die Messung des Ohmschen Widerstandes solcher Metallschlitze ist nur möglich, wenn man eine geringe elektromotorische Kraft von etwa 1—2 Volt in dem Empfängerkreis wirken lässt. Nimmt man 2 oder 3 Elemente, so beginnt im Telephon ein fortgesetztes, während ganzer Zeitabschnitte konstant, rhythmisches Geräusch. Dieser konstante Rhythmus ist durch eine Art elektrischen Puppenspieles hervorgerufen.

Wenn man den Spalt unter dem Mikroskop untersucht, so sieht man bei einer E. M. K. von etwa 3 Volt kleine Silbertheile in konstanter Oszillation zwischen den beiden Spaltbegrenzungen. Diese Oszillation ist offenbar dadurch verursacht, dass ein zwischen dem Spalt frei bewegliches Silberteilchen die elektrostatische Ladung der einen Seite des Spaltes annimmt, abgestossen wird, dann die der anderen Seite erhält, wieder zurückgestossen wird, und so in Schwingung gerät. Das Rauschen des Telephons, das während diesen Oszillationen wahrnehmbar ist, ist durch die hierdurch verursachten Stromschwankungen hervorgerufen.

Auch bei feuchten Spalten, wie sie Herr Neugeschwender verwandte, tritt dieses Rauschen bei höheren E. M. K. auf; hier sind es die Produkte der Elektrolyse, welche oszilliren. Haucht man einen trocknen Spalt, bei dem keine freien Silberteilchen vorhanden sind, an, so kann man hierdurch die oben beschriebene Oszillation einleiten; indem bei der nun stattfindenden Elektrolyse Silberteilchen mit losgerissen werden, und alsdann nach vollständigem Austrocknen des Spaltes ihrerseits in Oszillation geraten.

6. Die Silberschicht ist, wie oben erwähnt, nicht vollständig getrennt. Der Spalt zeigt sich unter dem Mikroskop durch feine Metalladern und Bäumchen überbrückt. Tritt nun eine elektrische Bestrahlung des Spaltes auf, so sieht man unter dem Mikroskop die Brücken verschwinden; sie bilden sich sofort wieder neu,

1) c. f. E. Aschkinass, Wied. Ann. 67, 430, 1899.

wenn die Bestrahlung aufhört; das zeigt die Widerstandsabnahme an. Es ist schwierig, mit dem Mikroskop zu untersuchen, ob das Entstehen und Vergehen solcher Metallbrücken mit derselben Geschwindigkeit erfolgt, wie die Unterbrechungen des Induktors, und ob hierdurch oder durch die Oszillation von Silberteilchen, die wir oben beschrieben, die genaue Wiedergabe des Rhythmus des Unterbrechers bedingt ist. Die Brücken, welche bei der Bestrahlung verschwinden, treten nach Aufhören der Bestrahlung oftmals nicht am gleichen Platz wieder auf, so dass der Teil des Spaltes, der im Ge-Gesichtsfeld des Mikroskops liegt, zeitweilig vollständig rein erscheint, trotzdem Stromschwankungen im Telephon wahrnehmbar sind. Ein gutes Skioptikon, mit dem sich die Frage vielleicht entscheiden liesse, stand mir nicht zur Verfügung.

Verursacht man durch Anlegen grösserer E. M. K. ein konstantes Rauschen im Telephon und bestrahlt hierauf den Spalt, so ändert sich der Ton im Telephon. Diese Änderung kann ebensowohl durch die geänderte Oszillationsdauer der freien Silberteilchen, als durch Entstehen und Vergehen der Brücken, als durch beides veranlasst sein. Dass die genaue Wiedergabe des Rhythmus des Unterbrechers, auch ohne Vorhandensein freier Silberteilchen stattfinden kann, lässt sich durch eine Versuchsanordnung zeigen, auf die ich weiter unten zu sprechen komme; zunächst sei hier auf ein Mittel verwiesen, dass Herr B. Schäfer geeignet erfand, um die Lebensdauer und Konstanz seines Empfängers zu erhöhen.

7. Dieses Mittel besteht darin, die Silberschlitze mit in Äther gelöstem Celluloid zu überstreichen. Der hierdurch erreichte Vorteil ist sehr beträchtlich, indem sowohl die Empfindlichkeit der Schlitze, als ihre Konstanz und Lebensdauer wesentlich erhöht wird. Der Grund für diese Erscheinung ist in folgendem zu finden.

Die zähe Celluloidlösung dringt beim Bestreichen nicht in den feinen Silberspalt ein, wegen der Grösse der zu überwindenden Kapillaritätsspannung. Es findet also lediglich eine Überdeckung des Schlitzes statt. Dass dies der Fall ist, lässt sich leicht zeigen, wenn man an Stelle von Celluloidlösung eine Auflösung von Schellack in Alkohol verwendet, und über der Spiritusflamme den Schellack vorsichtig eintrocknen lässt. Ein mit Schellack bestrichener und an der Luft getrockneter Spalt zeigt die Antikohärerwirkung; ist jedoch durch die Erwärmung der Schellack in den Schlitz gedrungen, so leitet zwar der Schlitz wegen der noch vorhandenen Brücken, eine Kohärerwirkung findet aber nicht mehr statt. Die Wirkung einer solchen Isolationsdecke besteht eben darin, dass die auf der Glasunterlage beim Auftreffen der Wellen verschwindenden Silberteilchen beim Verdampfen sich an der Isolationsdecke ansetzen, und so neue Brücken bilden, oder auf die Glasschicht sich wieder niederschlagen. Die Isolationsschicht wirkt hiernach für den Silberdampf wie ein Deckel auf einem Kochtopf für den Wasserdampf. Durch das Verhindern des Entweichens und das Zusammenhalten des Silbers ist die Konstanz der Spalte erhöht.

Die Empfindlichkeit solcher Empfänger wird nach dem Gesagten von der Leichtigkeit des Durchschmelzens also von der Feinheit der Silberüberbrückungen abhängig sein. Eine solche lässt sich künstlich steigern, wenn man den mit einer elastischen Kollodiumschicht überstrichenen Spalt in ein Glasgefäss einschliesst und unter der Luftpumpe derart behandelt, dass man verschiedene Male die Luft auspumpt und wieder hineinlässt. Das Vakuum, welches schliesslich beim Abschmelzen im

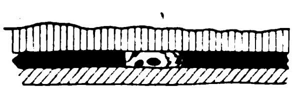


Fig. 2.

Glasrohr bleibt, ist je nach der zufälligen Beschaffenheit des Spaltes zu bemessen; man findet bei allmählichem Evakuieren ein Optimum der Empfindlichkeit, bei welchem man die Glasröhre zuschmilzt. Unter dem Mikroskop stellt sich bei etwa 900facher Vergrösserung der Querschnitt eines so behandelten und als empfindlich befundenen Spaltes etwa so dar, wie Figur 2 zeigt. Von den Rändern des Spaltes führen kleine Brücken zur Celluloidbedeckung, an welcher sich teilweise kleine Silberpartikel befinden.

Im Vakuum wird sich die elastische Decke offenbar noch höher abheben und wird gewölbter erscheinen, als in der Figur. Hierdurch werden die Silberteilchen, die am Celluloid kleben, feiner verteilt werden. Dass bei zu weit getriebener Evakuierung und zu grosser Isolierung der einzelnen Silberteilchen sich die Empfindlichkeit wieder verschlechtern kann, wie dies das Experiment lehrt, ist hiernach leicht ersichtlich.

8. Zur Untersuchung der Empfindlichkeit solcher Spalte bewährte sich folgende Anordnung, die ich ihrer Einfachheit halber anführen möchte, da sie wenig Raum erfordert und sich für vergleichende Untersuchung empfindlichster Detektoren für elektrische Induktion im hiesigen Laboratorium als sehr geeignet erwies. Benutzt wird hierbei die absorbierende Eigenschaft dünnen Eisendrahtes für Hochfrequenzströme, auf die namentlich von Herrn

Rutherford[1]) hingewiesen wurde. Nimmt man Eisendraht von 0,025 cm Dicke, so ist nach Rutherford das Verhältnis des Widerstandes für Gleichstrom zu dem für Hochfrequenz von 1,6 Million. Schwing. pro Sekunde gleich 1,9; dünner Eisendraht zeigt also für so schnelle Schwingungen verhältnismässig ausserordentlich grosse Absorption.

Die Anordnung ist in Figur 3 wiedergegeben. *A* ist ein gewöhnlicher Haustelegraphenelektromagnet, der, wenn der Taster den Strom schliesst, die Feder *F* in Bewegung setzt. Die Induktion, die bei den Stromunterbrechungen im angenähert horizontalen Drahte *D*, der einpolig an dem Elektromagnet befestigt ist, geweckt wird, genügt bei einer Annäherung auf wenige Centimeter, um an einem empfindlichen Kohärer diesen zum Ansprechen zu bringen; geht man weiter weg, so spricht der Kohärer nicht mehr an, wenn nicht etwa durch Schirmwirkung ein Ansprechen erzielt wird. Befestigt man nun das freie Ende

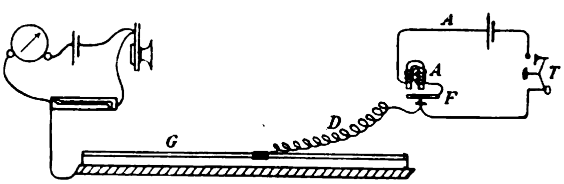


Fig. 3.

des Drahtes *D* verschiebbar auf einer Glasröhre *G* und bringt in etwa 2 cm Entfernung unter dieser eine Holzleiste an, auf der mit $^1/_2$ cm Ganghöhe ein dünner Eisendraht befestigt ist, so werden die in dem von *D* beschatteten Stück geweckten Induktionsströme von dem nicht beschatteten Eisendraht zum Kohärer geleitet.

Durch Verschieben des Endes *D* erhält man ein sehr bequemes Mittel zur relativen Empfindlichkeitsmessung des Kohärers.

9. Bei der Leichtigkeit der Herstellung dünner Belege von Silber auf Glas dürfte dieses Metall am besten als Antikohärermaterial zu verwenden sein, wenn auch vom physikalischen Standpunkt aus nach dem hier Gesagten solche Metalle, die einen geringen Schmelzpunkt haben, den Vorzug verdienen würden. Der Silberbelag ist vorteilhaft so herzustellen, dass das Silber sich etwas schwammig absetzt und der Spiegel bläulich erscheint. Auch ist der molekulare Zustand des niedergeschlagenen Silbers von Einfluss auf die Empfindlichkeit; es ist ja durch die Arbeiten von Lüdtke, Carey Lea und anderen bekannt, welch grossen Einfluss eine einmalige Erwärmung, längere Belichtung etc. auf die physikalischen Eigenschaften, namentlich die elektrische Leitfähigkeit, von Silberniederschlägen haben.

Von anderen Metallen wurden Gold, Platin und Wismut untersucht. Gold zeigte sehr schwache, Platin gar keine Wirkung. Wismutspiegel stellte ich durch galvanischen Niederschlag auf vergoldetem Glase aus Wismutnitratlösung her. Die Lösung wurde nach Lenards[1]) Angabe bereitet, indem in chlorfreier HNO_3 Wismut gelöst und alsdann mit Wasser verdünnt wird, bis eine Trübung eintritt. Die mit diesen immerhin schwierig am Glase haftend zu erhaltenden Wismutbelegen erzielten Resultate lassen sich deshalb nicht direkt mit den bei Silber erhaltenen vergleichen, weil ein so feiner Metallriss, wie bei Silberspiegeln schwer herzustellen ist; es ist zur Herstellung des Risses wesentlich stärkerer Druck des Messers oder Diamanten erforderlich, um die Gold- und Wismutschicht zu durchschneiden. Es war wohl ein empfindlicher Antikohärer, aber trotz des geringen Schmelzpunktes des *Bi* nicht die gleiche Empfindlichkeit, wie bei Silber zu erzielen.

10. Das Zustandekommen der Widerstandsänderung ist jedenfalls primär bewirkt durch ein Ansteigen der Potentialdifferenz zwischen den Spaltseiten. Die Vergrösserung verursacht, wie oben auseinandergesetzt, eine Änderung des Übergangswiderstandes des Kohärerstromes infolge des Durchbrennens der Silberbrücken. Die Potentialdifferenz, die zwischen diesseits und jenseits des Spaltes auftritt, wird hier im Gegensatz zu den Righischen Resonatoren durch Induktionsstösse oder elektrische Wellen von beträchtlicher Länge verursacht.

Bei Righi wirkt der kleine Resonator für sich als Ganzes wie eine offene Pfeife[2]); das kann hier bei der Länge der Wellen, die hier verwendet werden, nicht der Fall sein, und es lag daher nahe, zu versuchen, ob die Wirkung der „Schäferschen Platte", die nicht an die Längendimensionen der Platte gebunden ist wie bei Righi, nicht bestehen blieb, wenn man den Schlitz so erweitert, dass nur noch die für die Erscheinung wesentliche Überbrückung übrigbleibt, dass also die nach dem Äusseren in Form eines Spaltes erscheinende Schäfersche Platte durch einen Silberstreifen von beträchtlicher Dünne ersetzt wird. Zu diesem Zwecke wurde ein Silberspiegel so abgeschabt, dass eine Brücke von etwa $^1/_{10}$ mm Breite übrig blieb und die Silberfläche mit Celluloidlösung bestrichen (Fig. 4). Das Resultat entsprach absolut den Erwartungen. Der so hergestellte Antikohärer zeigte gleiche

1) Rutherford, Phil. Trans. 189, 1897.

1) Ph. Lenard, Wied. Ann. 39; 638, 1890.
2) c. f. Righi, l. c.

Funktion wie die Schäfersche Trockenplatte. Auch der Rhythmus der Elektromagnetunterbrechung wurde treu wiedergegeben, wodurch auch gezeigt ist, dass die Wiedergabe schneller Unterbrechungen nicht an die Oszillation kleiner Silberteile, die oben beschrieben wurde, gebunden ist.

11. Unter einer grossen Anzahl untersuchter Silberrisse findet sich dann und wann einer, der bei Bestrahlung keine Widerstandsvergrösserung zeigt, sondern wie der Branlysche Kohärer eine Widerstandsabnahme aufweist.

Der Grund dieser Erscheinung dürfte wohl in Zusammenschmelzungen kleiner Silberteile zu finden sein, die nach Beendigung der Bestrahlung, also nach Abnahme der Potentialdifferenz auf beiden Seiten des Spaltes wieder zurückgeht. Diese Wirkung ist jedoch nie andauernd, sondern gewissermassen labil.

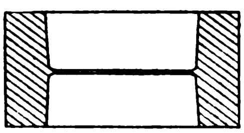


Fig. 4.

Nach einer geringen Anzahl von Bestrahlungen zeigen solche Spalte wieder normale Wirkung, d. h. Widerstandsvergrösserung, und bleiben alsdann annähernd konstant und auch bei täglicher Benutzung oft Monate lang lebensfähig.

12. Neben dem wissenschaftlichen Interesse, das ein so empfindliches Reagens für elektrische Wellen bietet, wie es die Widerstandsänderung der Metallrisse bei elektrischer Bestrahlung ist, kommt diesem Antikohärer grosse praktische Bedeutung in der Praxis der Funkentelegraphie zu. Die absolute Unempfindlichkeit äusseren Erschütterungen oder akustischen Einflüssen gegenüber und die Möglichkeit der Vermeidung von Relais, der Vermeidung der Klopfvorrichtung, welche auf schwankenden Schiffen häufig zu fehlerhafter Registrierung wegen der leicht beweglichen Relaisteile Anlass geben, sind wesentliche Vorzüge vor Branlys Kohärer, der an Empfindlichkeit diese Silberrisse nicht übertrifft. Die Aufnahme der Signale geschieht telephonisch und lässt sich entweder vermittelst des Telephons oder auf andere Weise, auf die ich demnächst näher eingehen werde, registrieren. Dieser Vorzug der Schäferschen Erfindung vor dem mit Recht des öfteren als „launenhaft" bezeichneten Kohärer ist so gross, dass seine Einführung in die Funkentelegraphie, nach welchem Systeme sie auch ausgeübt wird, sich für die Sicherheit des Funktionierens der Empfangsapparate wesentlich förderlich zeigen muss.

Vorliegende Untersuchung wurde von mir im Schäferschen Laboratorium, in welchem ich mich auf einige Monate als Physiker verpflichtet habe, ausgeführt. Ich bin Herrn B. Schäfer für seine Unterstützung bei den Experimenten zu Dank verpflichtet.

(Eingegangen 11. Januar 1901.)

Über den sprechenden Flammenbogen und seine Verwendung zu einer Telephonie ohne Draht.

Von Hermann Th. Simon.

Vor einiger Zeit[1]) habe ich gezeigt, dass der elektrische Flammenbogen auf periodische Schwankungen seiner Stromstärke mit Schallwirkungen anspricht, die er der Luft seiner Umgebung mitteilt; ebenso, dass er umgekehrt auf Schallschwingungen, die ihn treffen, mit Intensitätsoszillationen seiner Stromstärke reagiert. Beide Reaktionen sind so empfindlich, dass ich eine Anordnung angeben konnte, den Flammenbogen sowohl als Geber, wie als Empfänger zu einer telephonischen Schallübertragung zu verwenden.

Inzwischen ist es mir gelungen, durch Ermittlung zweckmässiger Versuchsbedingungen die Lautstärke der Übertragung überraschend zu steigern, so dass beispielsweise, wie ich in der Sitzung des hiesigen Physikalischen Vereins vom 8. September 1900 zeigte, die von dem Flammenbogen wiedergegebenen Klänge und Töne mit Leichtigkeit einen grossen Hörsaal ausfüllen und an jeder Stelle desselben deutlich zu vernehmen sind; während umgekehrt jedes gegen den Flammenbogen gesprochene Wort mit einer Sicherheit und Deutlichkeit übertragen wird, welche derjenigen der besten Mikrophone zum mindesten gleichkommt.

Des weiteren ist es mir neuerdings gelungen, was ich ebenfalls in der genannten Sitzung des Physikalischen Vereins demonstriert habe, mit Hilfe des sprechenden Flammenbogens erfolgreiche Versuche einer Schallübertragung durch Lichtwellen (Telephonie ohne Draht) anzustellen.

Im ersten Abschnitt der folgenden Notiz teile ich die Dimensionen und Betriebsbedingungen der zu diesen neueren Versuchen mit dem akustischen Flammenbogen von mir verwendeten

1) Wied. Ann. **64**, 233, 1898.

Apparate mit, unter Darlegung der Gesichtspunkte, die für eine günstigste Anordnung in Betracht kommen. Im zweiten Teile soll dann über die erwähnten Versuche einer Lichttelephonie berichtet werden.

1. Das Prinzip des sprechenden Flammenbogens besteht darin, dass man die den Schallschwingungen entsprechenden Stromschwingungen eines Mikrophons über den konstanten Strom einer Gleichstrombogenlampe überlagert. Herr F. Braun[1]) hat im Anschluss an meine Versuche darauf aufmerksam gemacht, dass man bei derselben Amplitude der aufgeprägten Stromschwingungen um so stärkere Wirkungen erwarten darf, je grösser der Gleichstrom ist, über den man die Schwingungen überlagert. Da nämlich, wie ich am angeführten Orte eingehend diskutiert habe, die Erscheinung wahrscheinlich durch Schwankungen der im Flammenbogen auftretenden Jouleschen Wärme entsteht, welche dem Produkte $i^2 w$ proportional ist, so ergiebt sich der durch einen Stromstärkezuwachs di bewirkte Zuwachs dieser Wärme zu $2\,i\,di\,w$, ist also um so grösser, je grösser die Betriebsstromstärke i des Flammenbogens ist. Diese Entwicklung setzt voraus, dass man bei dem elektrischen Flammenbogen von einem Ohmschen Widerstande, wie bei einem gewöhnlichen Leiter, reden kann, was bekanntlich nach den Erfahrungen über die Elektrizitätsleitung in Gasen, sowie nach den Messungen an Bogenlampen nicht ohne weiteres erlaubt ist. Inwieweit diese Annahme erfüllt ist, also auch inwieweit die Braunsche Bemerkung auf die Verhältnisse im Flammenbogen Anwendung finden darf, ist augenblicklich Gegenstand einer eingehenden Untersuchung im hiesigen Laboratorium. Dieselbe dürfte gleichzeitig die Frage nach dem Widerstande eines Flammenbogens von einer neuen Seite aufklären. Die bisherige rohe Erfahrung bestätigt jedenfalls die Schlussfolgerung der Braunschen Bemerkung, da eine grössere Stromstärke i in der That lautere Wirkungen zeigt.

Somit ergiebt sich als erstes Erfordernis zur Erzielung starker Wirkungen die Verwendung einer Bogenlampe mit möglichst hoher Betriebsstromstärke. Ich verwendete eine Schuckertsche Projektionsbogenlampe mit Differentialregulierung und 16—20 Ampère Stromstärke; eine grössere Lampe stand mir bisher noch nicht zur Verfügung.

Des weiteren gilt es, die Zuwächse di, d. h. die Amplituden der übergelagerten Stromschwingungen möglichst gross zu machen und mit einem möglichst grossen Nutzeffekt auf den Bogenlampenstromkreis zu übertragen.

1) Wied. Ann. 65, 358, 1898.

Zur Erreichung des ersten Zweckes verhilft ein möglichst wirksames Mikrophon, wie es z. B. unübertroffen in dem neuen Kohlenkörnermikrophon (Tausend Kilometer-Mikrophon) der Firma Mix & Genest in Berlin vorliegt. (Vergl. diese Ztschr. I, 599, 1900.) Dasselbe lässt sich bei einem Widerstande von ca. 5 Ohm mit 2 bis 4 Volt, also recht grosser Stromstärke, betreiben und liefert dann Stromschwingungen von überraschender Wirksamkeit, wie man sich bei Übertragung auf ein Telephon überzeugt.

Um diese Stromschwingungen möglichst intensiv auf den Flammenbogenstromkreis zu übertragen, lassen sich mehrere Wege einschlagen. Der erste nächstliegende ist der zuerst von mir eingeschlagene der Benutzung einer Induktionsspule, deren eine Windungsabteilung von dem Lampenstrom, die andere von den Mikrophonströmen durchflossen wird. Es gilt dann, die günstigsten Verhältnisse dieser Übertragung auszumitteln.

Wir haben es hier mit einem ganz ähnlichen Problem zu thun, wie bei den Induktionsspulen der Mikrophone, denen ja auch dieselbe Aufgabe zufällt, Stromschwingungen mit möglichster Stärke und möglichster Deutlichkeit von einem Stromkreis auf einen andern zu übertragen. Die Bedingung der Deutlichkeit lässt sich — vielleicht präziser verständlich — auch so ausdrücken: es wird verlangt, dass die Übertragung ohne Änderung der Klangfarbe erfolgt. Die analytische Formulierung und Lösung dieses Problems ist für die Bedürfnisse der Telephonie durchgeführt, wir können für unseren Fall die dort erhaltenen Ergebnisse direkt verwerten.[1])

Wir bezeichnen (siehe Figur 1) mit $R_1\ R_2$ die Widerstände, mit $L_1\ L_2$ die Selbstinduktionen der beiden Stromkreise $S_1\ S_2$, mit $\mathfrak{J}_1\ \mathfrak{J}_2$ die in denselben verlaufenden variablen Stromstärken, mit M den Koeffizienten der gegenseitigen Induktion, mit E die E.M.K. der im Mikrophonkreise eingeschalteten Batterie B. Der in S_2 fliessende Bogenlampenstrom kommt für die folgenden Rechnungen nicht in Betracht, da er eine konstante Stärke dauernd beibehält, er ist also in $\mathfrak{J}_2$ nicht mit enthalten.

Das Neumannsche Induktionsgesetz giebt dann als Gleichungen für unser System:

$$(\mathfrak{J}_1 R_1 - E) + L_1 \frac{d\mathfrak{J}_1}{dt} + M \frac{d\mathfrak{J}_2}{dt} = 0 \text{ für } S_1 . \quad 1)$$

$$\mathfrak{J}_2 R_2 + L_2 \frac{d\mathfrak{J}_2}{dt} + M \frac{d\mathfrak{J}_1}{dt} = 0 \text{ für } S_2 . \quad 2)$$

Wenn die Mikrophonenmembran von einer einfachen Sinuswelle getroffen wird, so führt der Widerstand r_1 des Mikrophonkontaktes

1) Vgl. Wietlisbach, Handbuch der Telephonie, S. 58 ff. Wien 1899.

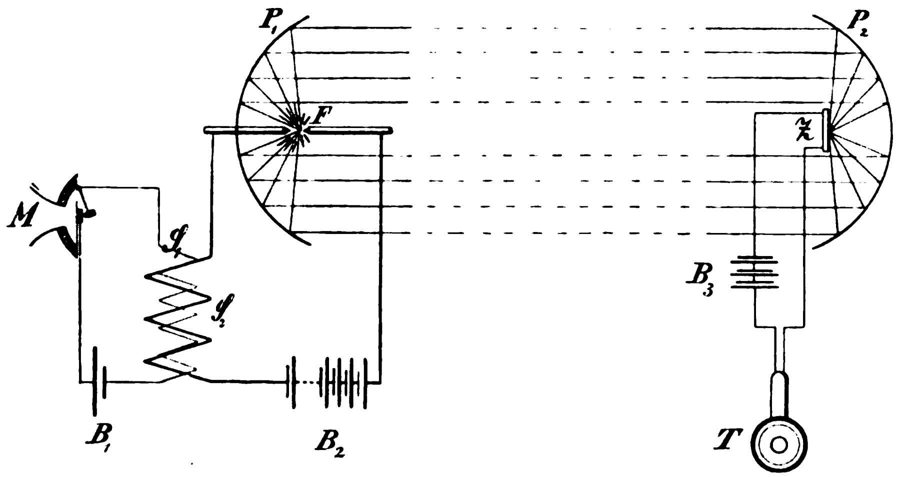


Fig. 1.

Schwankungen um seinen Wert r_0 in der Ruhelage aus, welche den Amplituden der Membran proportional gesetzt werden können. Ist R_0 der Widerstand und J_0 die Stromstärke des primären Stromkreises, wenn die Membran in Ruhe ist, so wird also bei der Bewegung

3) $R_1 = R_0 + \Delta R = R_0 + \Delta R_0 \cos \omega t,$

wo $\omega = 2\pi n$ die Periode der Sinuswelle ist.

Eine deutliche telephonische Übertragung verlangt, dass die den Widerstandsschwankungen entsprechenden Stromschwankungen ebenfalls sinusförmig sind, es muss also

4) $J_1 = J_0 - \Delta J = J_0 - \Delta_0 \cos \omega t$ sein.

Das Ohmsche Gesetz ergiebt

5) $$J_0 R_0 = E$$

6) und $J_1 R_1 = (J_0 + \Delta J)(J_0 + \Delta R) = E.$

also

$$J_0 R_0 + J_0 \Delta R + R_0 \Delta J + \Delta J \Delta R = J_1 R_1.$$

Damit wird aus 1)

1a) $$J_0 \Delta R + R_0 \Delta J + \Delta J \Delta J + L_1 \frac{dJ_1}{dt} + M \frac{dJ_2}{dt} = 0.$$

Aus 3) und 6) erhält man

7) $$J_1 = \frac{E}{R_0 + \Delta R_0 \cos \omega t} = \frac{E}{R_0 \left(1 + \frac{\Delta R_0}{R_0} \cos \omega t\right)}.$$

Damit dieser Ausdruck die Bedingung 4) erfüllt, muss ΔR_0 gegen R_0 sehr klein sein, dann lässt sich nach dem binomischen Lehrsatz schreiben

8) $$J_1 = \frac{E}{R_0}\left(1 - \frac{\Delta R_0}{R_0} \cos \omega t\right)$$

$$= J_0 - \Delta J_0 \cos \omega t.$$

wo $\Delta J_0 = J_0 \frac{\Delta R_0}{R_0}$.

Es ergiebt sich demnach als Erfordernis einer deutlichen Übertragung, dass bei dem Mikrophon die Widerstandsänderung ΔR_0 klein ist gegenüber dem Widerstande des Gesamtmikrophonkreises. Dann wird gleichzeitig die Stromänderung ΔJ_0 klein gegen den konstanten Strom J_0, der im Stromkreise fliesst. $\Delta J \cdot \Delta R$ in 1a) kann also vernachlässigt werden und wir erhalten als Bedingungsgleichungen unseres Systems

$$J_0 \Delta R + R_0 \Delta J + L_1 \frac{dJ_1}{dt} + M \frac{dJ_2}{dt} = 0,$$

und da $\Delta R = \Delta R_0 \cos \omega t$ (Gleichung 3); $\Delta J = J_1 - J_0$ (Gleichung 4), so wird

1b) $$J_0 \Delta R_0 \cos \omega t + R_0 J_1 - R_0 J_0 + L_1 \frac{dJ_1}{dt} + M \frac{dJ_2}{dt} = 0.$$

$$J_2 R_2 + L_2 \frac{dJ_2}{dt} + M \frac{dJ_1}{dt} = 0. \qquad 2)$$

Um hieraus J_2 zu bestimmen setzen wir aus 2)

$$\frac{dJ_1}{dt} = -\frac{R_2 J_2}{M} + \frac{L_2}{M} \frac{dJ_2}{dt}$$

in 1b) ein, differentieren nach t und eliminieren abermals $\frac{dJ_1}{dt}$ mit Hilfe von Gleichung 2). Wir erhalten schliesslich als Differentialgleichung zur Bestimmung von J_2

$$\frac{d^2 J_2}{dt^2} + \frac{R_0 L_2 - R_2 L_1}{M^2 - L_1 L_2} \frac{dJ_2}{dt} + \frac{R_0 R_2}{M^2 - L_1 L_2} J_2 = \frac{\omega \Delta R_0 J_0 M}{M^2 - L_1 L_2} \sin \omega t. \qquad 9)$$

Die Integration dieser Gleichung ergiebt

$$10)\quad \mathfrak{J}_2 = \frac{\Delta R_0\ \mathfrak{J}_0 M}{N} \sin\left\{\omega t + \operatorname{arctg} \psi\right\},$$

wo

$$11)\quad N^2 = (M^2 - L_1 L_2)^2 \omega^2 + \left\{R_0^2 L_2^2 + R_2^2 L_1^2 - 2 R_0 R_2 M^2\right\} + R_0^2 R_1^2 \cdot \frac{1}{\omega^2}.$$

Für unseren Fall wird $M^2 - L_1 \cdot L_2 = o$, da nur die Selbstinduktionen der Spulen selbst in Frage kommen. Demnach wird $N^2 =$

$$12)\quad (R_0 L_2 - R_2 L_1)^2 + \frac{R_2^0 R_2^2}{\omega^2}.$$

Die Phasenverschiebung, die durch $\operatorname{arctg} \psi$ ausgedrückt ist, können wir ausser Betracht lassen, da die Klangfarbe bekanntlich von den Phasen der Obertöne unabhängig ist.

Dagegen zeigt der Ausdruck für $\mathfrak{J}_2$ zunächst, dass wir bei gegebener Widerstandsänderung ΔR_0 um so grösseres $\mathfrak{J}_2$ erhalten, je grösser $\mathfrak{J}_0$, d. h. je grössere E.M.K. wir im Mikrophonkreise verwenden. Wenn wir weiter die Widerstände der Stromkreise S_1 und S_2 möglichst klein machen, so ist das Glied $\frac{R_2^0 R_2^2}{\omega^2}$ von N^2 immer mehr zu vernachlässigen. R ist bei dem verwendeten Mikrophon von der Grössenordnung 5 Ω, R_2 bei dem Betriebe mit 60 Volt und 20 Amp. muss wenigstens 3 Ω gesetzt werden, ω liegt für die menschliche Stimme zwischen 600 und 6000 etwa, dann würde das zweite Glied von N^2 zwischen 0,029 und 0,00029 liegen. Die Deutlichkeit der Übertragung verlangt, dass $\mathfrak{J}_2$ unabhängig von ω, d. h. der Schwingungszahl ist. Das wird daher im vorliegenden Falle um so mehr erfüllt sein, je grösser $(R_0 L_2 - R_2 L_1)^2$ gegen $\frac{R_2^0 R_2^2}{\omega^2}$. Andrerseits muss $R_0 L_2 - R_2 L_1$, da es im Nenner steht, möglichst klein gemacht werden, wenn $\mathfrak{J}_2$ möglichst gross sein soll.

Die Werte 0,029 bis 0,00029 für $\frac{R_2^0 R_2^2}{\omega^2}$ zeigen, dass wir für $R_0 L_2 - R_2 L_1$ kaum unter 1 herabgehen dürfen. Die Bedingung kleiner Widerstände R erfordert Anwendung dicken Drahtes für die Spulen, die Bedingung möglichst grosser gegenseitiger Induktion möglichst viele Windungen bifilar nebeneinander aufgewickelt.

0,5 Ω eines 3 mm starken Kupferdrahtes haben eine Länge von 230 m. Mit zweimal 230 m bifilar gewunden erzielt man für jede Spule den grössten Wert der Selbstinduktion und demnach auch der gegenseitigen Induktion, wenn die axialen Querschnitte durch den Spulendraht quadratisch sind, und dabei

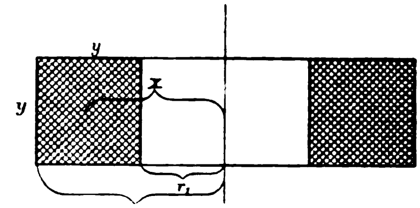


Fig. 2.

der mittlere Windungsradius $x = 1{,}85\, y$ ist.[1]) Ist n noch die auf y entfallende Anzahl von Windungen, so hat man folgende Bestimmungsgleichungen (siehe Figur 2)

$x = 1{,}85\, y$; $n = \frac{y}{0{,}5}$, da der verwendete Draht mit Isolation 0,5 cm dick ist. $2\pi n^2 x = 46000$.

Daraus ergiebt sich

$$y = 10 \text{ cm};\quad n = 20;\quad x = 18{,}5 \text{ cm},$$

$$r_1 = x - \frac{y}{2} = 13{,}5 \text{ cm};\ r_2 = x + \frac{y}{2} = 23{,}5 \text{ cm}.$$

Jede Spule würde demnach 100 Windungen enthalten, ihre Selbstinduktion (ohne Eisenkern) wäre (annähernd berechnet) ca. 0,05 Henry, mit Eisenkern ca. 0,5, die gegenseitige Induktion demnach 0,5. Um die Bedingung $R_0 L_2 - R_2 L_1 = 1$ zu erfüllen, setzen wir R_0 als variabel und erhalten mit $L_2 = 0{,}5$; $L_1 = 0{,}5$; $R_2 = 3$: $R_0 = 5\,\Omega$, wie er für das verwendete Mikrophon oben angegeben war.

Eine nach diesen Gesichtspunkten konstruierte Spule würde demnach sowohl nach Deutlichkeit, wie nach Stärke der Wirkung die günstigsten Verhältnisse aufweisen. Inwieweit die Praxis diesem natürlich nur angenäherten theoretischen Resultate entspricht, wird Gegenstand weiterer Untersuchung sein.

Einstweilen erzielte ich mit einer Spule aus 200 — 300 Windungen (innerer Durchmesser 6 cm, äusserer 18 cm, Länge 25 cm) eines 3 mm starken Kupferdrahtes in je 6 Lagen unter Verwendung eines gut unterteilten Eisenkernes schon recht gute Resultate. Singen und Pfeifen der Lampe war mit derselben in einem mittelgrossen Hörsaal an jeder Stelle zu hören. Auch die Deutlichkeit war recht befriedigend.

Übrigens ist darauf zu achten, dass das Eisen des Eisenkernes nicht über das Knie der Magnetisierungskurve magnetisiert wird, da sonst μ und damit M kleiner wird und die Transformation unter sehr viel ungünstigeren Bedingungen erfolgt. Eventuell ist es zweckmässig, durch einige von einem besonderen Gleichstrom durchflossene Gegenwindungen diejenige Magnetisierung einzuregulieren, welche die günstigste ist.

Legt man die erwähnten günstigsten Versuchsdaten zu Grunde, so erhält man aus Gl. 10) die maximale Amplitude der übergelagerten

1) **Maxwell**, Elektriz. und Magnetismus, (Deutsch von **Weinstein**, II, 434, Berlin 1883.

Stromschwingungen J_2 zu ca. 0,025 Amp. Wie ich am angegebenen Orte gezeigt habe, sind die kleinsten, als Töne wahrnehmbaren Ströme von der Grössenordnung $5 \cdot 10^{-6}$ Ampère. Ein Vergleich zeigt, dass wir bei der obigen Anordnung in der That recht laute Wirkungen erwarten dürfen.

Ein zweiter Weg, die Mikrophonströme über den Flammenbogen überzulagern, ist von Herrn E. Ruhmer[1]) vorgeschlagen. Herr Ruhmer schaltet ein oder mehrere Mikrophone ohne besondere Batterie, zugleich mit dem nötigen Widerstande, der Bogenlampe einfach parallel. Auch so erhält man sehr gute Wirkungen. Die Theorie dieser Schaltung ist sehr einfach; wegen des Fehlens jeder Selbstinduktion muss sie sehr deutliche Wiedergabe bewirken. Doch erfordert sie grosse Widerstände im Mikrophonkreise, so dass man an Lautstärke verliert, was man an Deutlichkeit gewonnen hat. Ferner bildet bei dieser Schaltung die Batterie einen Nebenschluss, welcher einen Teil der Mikrophonströme nutzlos verbraucht. Den letzteren Übelstand vermeidet man durch Einschalten einer Drosselspule vor die Batterie, welche die Mikrophonwechselströme nicht durchlässt. — Man kann übrigens den Übelstand des grossen Widerstandes dadurch umgehen, dass man im Mikrophonkreise noch eine Gegenbatterie verwendet, deren E. M. K. 2 bis 4 Volt kleiner ist, wie die der Betriebsbatterie der Bogenlampe. Immer aber hat die praktische Durchführung dieser Schaltungsweise mancherlei Schwierigkeiten, da der Spannungsabfall in einem Flammenbogen äusserst variabel ist.

2. Die Schallschwingungen im Flammenbogen kommen dadurch zu stande, dass die übergelagerten Stromschwingungen analoge Schwankungen des Volumens der den Flammenbogen bildenden leitenden Gase veranlassen. Diese Volumschwankungen können sowohl durch Schwankungen der verdampfenden Kohlenmenge, als auch durch Schwankungen der Temperatur des Flammenbogens infolge von Änderungen der Jouleschen Wärme verursacht sein. In meiner ersten Veröffentlichung habe ich die letztere Annahme zu Grunde gelegt und gezeigt, dass sie auch quantitativ durchaus plausibel erscheint. In diesem Falle müssten den Schwankungen des Stromes stets Intensitätsschwankungen des von der sprechenden Lampe ausgestrahlten Lichtes parallel gehen und jede Stelle des Raumes erhielte analoge Strahlungsschwankungen mit den Lichtwellen zugetragen.

Nun haben wir mehrere Mittel, solche, auch schnellen Änderungen der Strahlungsintensität einer Licht- oder Wärmestrahlung nachzuweisen, in den sogenannten Radiophonen, von denen die Selenzelle vielleicht das bekannteste und interessanteste ist. Lässt man also das Licht der sprechenden Bogenlampe auf eine Selenzelle fallen, die man mit 20 bis 60 Volt und einem Telephon zu einem Stromkreise verbunden hat, so wird, wie es schon Bell bei seinem Photophon verwertet hat, dasselbe auf alle Strahlungsschwingungen mit Widerstandsschwingungen reagiren, die ihrerseits Stromschwingungen im Telephon, also wieder Schallschwingungen zur Folge haben. Kurz, man hört in dem Telephon, was die Bogenlampe spricht, man hat eine Lichttelephonie, eine Telephonie ohne Draht. (Vgl. Fig. 1.)

Meine Versuche in dieser Richtung hatten in der That den erwarteten Erfolg. Mit Hülfe eines Projektionskondensators zur Konzentration des Lichtes auf die Selenzelle gelingt es leicht, die Lichttelephonie auf nähere Entfernungen (20 m) zu demonstrieren, dabei kann man das Licht auch durch Spiegel um die Ecke gehen und erst dann auf die Selenzelle treffen lassen.

Im Gelingen dieser Übertragung scheint mir eine weitere Stütze für meine Auffassung zu liegen, dass die Töne in der Lampe durch Schwankungen der Jouleschen Wärme des Flammenbogens zu stande kommen. Denn nur Änderungen der Strahlungstemperatur geben nach den Strahlungsgesetzen zu Änderungen der Strahlungsintensität Anlass; und eine Vermehrung der Verdampfung würde keine Temperaturerhöhung bedingen. Indessen bleibt die Möglichkeit offen, dass bei dem akustischen Phänomen beide Ursachen mitwirken. Weitere Untersuchungen sollen Aufschluss darüber geben.

Auch andere Radiophone, die mehr auf Wärmestrahlen reagieren, wie eine berusste Glimmerplatte, ein auf 0,07 mm ausgewalztes Breguetblech (Platin, Gold, Silber) und andere radiophonische Anordnungen hatten Erfolg. Man muss sich hier jedoch hüten, sich durch direkte Schallwirkungen täuschen zu lassen, was namentlich bei Konzentration des Lichtes durch Hohlspiegel wegen der punktförmigen Schallquelle sehr leicht Wirkungen vortäuscht, die nicht vorhanden sind. — Einstweilen hat die Selenzelle die bei weitem besten Resultate ergeben. Über die beste Schaltungsweise und die günstigsten Betriebsbedingungen werde ich demnächst berichten.

Wieweit die Übertragung unter Anwendung von modernen Scheinwerfern und verbesserter Selenzellen gelingt, ist Gegenstand weiterer Versuche. Jedenfalls ist begründete Hoffnung, dass man mit dieser Anordnung der Lichttelephonie die von Bell mit seinem Photophon erreichte Entfernung von 250 m weit wird übertreffen können. Bell lässt das Licht einer starken Lichtquelle an einer spiegelnden Sprechmembran reflektieren und dann auf die Selenzelle fallen.

1) E. Ruhmer, Der Mechaniker, 8, 279, 1900.

Die Membran ist bei den Schallschwingungen bald eben, bald konkav, bald konvex gekrümmt, so dass dem refektierten Lichtstrahle diese Schallschwingungen als Intensitätsschwingungen aufgeprägt werden. Die Überlegenheit der sprechenden Bogenlampe der Bell'schen Anordnung gegenüber ist wohl ohne weiteres einleuchtend.

3. Die vorstehende Mitteilung war bereits verfasst, als ich durch Zeitungsnachrichten Kunde erhielt von den Verbesserungen, die Herr Duddell an der „sprechenden Bogenlampe" angebracht hat.[1]) Der Sinn dieser Verbesserungen ist der, zu verhindern, dass die aufgeprägten Stromschwankungen den ganzen Bogenlampenstromkreis mitsamt seiner Batterie oder der Dynamomaschine durchlaufen, wodurch sie eine unnötige Schwächung erfahren müssen. Das wird z. B. durch folgende Schaltung erreicht (siehe Figur 3):

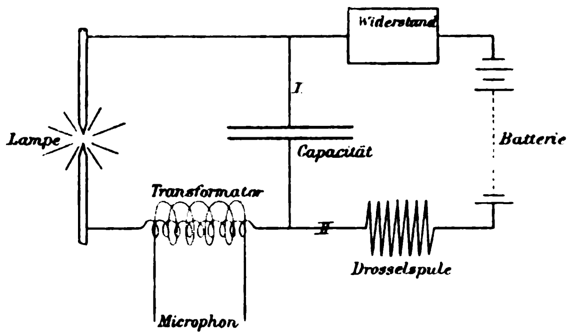


Fig. 3.

Parallel zur Lampe wird vor dem Transformator ein Nebenschluss mit einer Kapazität von einigen (etwa 5) Mikrofarad angebracht, während in dem Gleichstromkreis vor der Abzweigung von I eine grosse Selbstinduktion (Drosselspule) eingeschaltet wird. Für den von der Batterie kommenden Gleichstrom ist die Drosselspule ohne weiteres passierbar, der Zweig I mit der Kapazität aber versperrt. Andrerseits ist für die im Transformator erregten Wechselströme die Drosselspule ein ∞ grosser Widerstand, die Kapazität in I dagegen ein ∞ kleiner. Die aufgeprägten Mikrophonströme werden demnach über I ungeschwächt auf die Bogenlampe übertragen. Die Kapazität in I muss wenigstens so gross sein, dass für keine der beim Sprechen vorkommenden Schwingungszahlen Resonanz im Stromkreise I eintreten kann. Die Bedingung der Resonanz ist $2\pi n = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, es muss also bei gegebenem L der Transformator C wenigstens so gross sein, dass $300 > \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. Das ist bei den Verhältnissen der oben beschriebenen Versuche mit $C = 5$ M.F. reichlich erfüllt.

1) W. Duddell, The Electrician, **46**, Nr. 8 und 9, Dez. 1900.

In der That erzielt man mit dieser Schaltung und ähnlichen nach denselben Gesichtspunkten eine ganz ausserordentliche Verbesserung der Deutlichkeit und Lautstärke. Der Flammenbogen wirkt wie ein lautsprechendes Telephon bester Art und was man auf ihn überträgt, wird mit unveränderter Klangfarbe in einem grossen Raume überall laut und deutlich gehört. Vorteilhaft ist es, möglichst lange Flammenbogen (nach Duddell 2—3 cm lang) zu verwenden, worauf ich schon in meiner ersten Mitteilung hingewiesen habe.

Dass diese Verbesserungen auch die obenerwähnte Telephonie ohne Draht wesentlich fördern, ist nach dem Gesagten klar.

Auf weitere Folgerungen und Anwendungen werde ich zurückkommen, wenn mir die Duddell'sche Abhandlung im Original zugänglich ist.

Frankfurt a. M., Laboratorium des Physikalischen Vereins, Januar 1901.

(Eingegangen 16. Januar 1901.)

Über eine vorteilhafte Verwendung des Vakuums für bolometrische Messungen.

Von F. Kurlbaum.

Kürzlich ist eine Arbeit von E. Rutherford und R. K. Mc. Clung[1]) erschienen, in welcher unter Anderem die Intensität der Röntgenstrahlen in absolutem Masse bestimmt ist. Derselbe Gegenstand ist nach gleicher Methode von K. Schoeps[2]) behandelt. Die in beiden Arbeiten angewandte Methode habe ich gleichfalls früher für absolute Strahlungsmessungen benutzt; sie besteht im wesentlichen darin, die durch Bestrahlung hervorgerufene Temperaturerhöhung eines Bolometerzweiges noch einmal durch Stromwärme hervorzurufen, so dass die der Strahlungsintensität entsprechende Wärmemenge aus Widerstand und Stromstärke berechnet werden kann.[3]) Ich komme hier auf diese Methode nur deshalb zurück, weil sie für die Messung von Röntgenstrahlen einen ausserordentlich grossen Vorteil gewährt, der in den beiden zuerst zitierten Arbeiten nicht benutzt ist und vielleicht übersehen sein könnte, obgleich ich auf diesen Vorteil bei Gelegenheit einer früheren Arbeit aufmerksam gemacht hatte.[4])

1) Proc. Royal Soc. **57**, 245—250, 1900 und diese Zeitschrift **2**, 53—55, 1900. (Vergl. auch **2**, 218, 1901.)
2) Dissertation Halle 1899.
3) Wied. Ann. **65**, 746—760, 1898 und **51**, 591, 1894.
4) Wied. Ann. **61**, 419, 1897.

Wird ein Bolometer bestrahlt, so ist im stationären Zustand die durch Bestrahlung empfangene Wärmemenge gleich dem durch Ausstrahlung des Bolometers und Wärmeleitvermögen der umgebenden Luft eintretenden Verlust, wenn man von der Wärmeableitung an den Enden der Bolometerstreifen absieht.[1]) Für ein nahezu schwarzes Bolometer ist nun, wie ich durch Versuche bestimmt habe, der durch Ausstrahlung bedingte Wärmeverlust eines Bolometers ungefähr gleich dem durch die Wärmeleitung der Luft verursachten, so dass ein solches Bolometer unter sonst gleichen Umständen im Vakuum bei Bestrahlung angenähert die doppelte Temperaturerhöhung erfahren muss. Dies Resultat fand ich an einem Bolometer, welches mit einem Glühlampen-Kohlefaden zusammen in demselben Vakuum eingeschlossen war, bestätigt.

Die so erreichte doppelte Empfindlichkeit allein würde jedoch die Anwendung eines Vakuums kaum lohnen, man erreicht aber zugleich noch einen sehr wesentlichen Vorteil. Bekanntlich machen sich die durch Erwärmung des Bolometers verursachten Luftströmungen bei den Messungen sehr störend bemerkbar, da sie kleine Widerstandsänderungen in den Bolometerzweigen hervorrufen, welche die Galvanometernadel beständig beunruhigen. Hier möchte ich besonders erwähnen, dass diese Störungen proportional der dritten Potenz des zur Widerstandsmessung benutzten Stromes zunehmen, da die in den Bolometerzweigen erzeugte Wärmemenge, welche die Luftströmungen veranlasst, selbst proportional dem Quadrat der Stromstärke, und die Empfindlichkeit der Messung proportional der Stromstärke ist. Deshalb wird die Grösse des brauchbaren Stromes ziemlich scharf durch die eintretenden Störungen begrenzt, während man bei Verzicht auf eine grössere Empfindlichkeit eine sehr ruhige Lage der Galvanometernadel erhalten kann. Geht man z. B. auf den zehnten Teil einer eben noch brauchbaren Stromstärke zurück, so ist es sogar möglich, eine Wheatstone'sche Brücke mit nur einem Bolometerzweig zu verwenden, wie ich dies für manche Versuche brauchbar gefunden habe. Die erwähnten, durch die umgebende Luft bedingten Übelstände fallen also im Vakuum fort, und es ist gestattet, die Empfindlichkeit des Bolometers durch Anwendung eines stärkeren Stromes zu steigern.

Der grösste Vorteil besteht aber in folgendem. Wie ich gleichfalls hervorgehoben habe, bedingt die Ausstrahlung eines blanken Bolometerzweiges gegenüber der Wärmeleitung eines Gases nur einen sehr geringen Wärmeverlust.[1]) Nach meinen Messungen ist z. B. der Wärmeverlust eines blanken Platinbolometers, soweit er durch Ausstrahlung verursacht wird, kleiner als ein Zwanzigstel des durch Luftwärmeleitung hervorgerufenen Verlustes.

Da man nun als Empfänger für Röntgenstrahlen natürlich blankes Platinblech wählt, so tritt eine Steigerung der Empfindlichkeit im Vakuum gegenüber derjenigen in Luft auf mindestens das Zwanzigfache ein. Dieser Vorteil giebt mit dem der vermiedenen Luftströmungen mindestens eine fünfzigfache Empfindlichkeit. Bei dieser Betrachtung ist die Wärmeabgabe der Platinstreifen an den Auflagestellen des Rahmens vernachlässigt, und diese nimmt, sobald die übrigen Wärmeverluste klein werden, eine relativ erhebliche Grösse an, da man zur Absorption von Röntgenstrahlen dickere Platinstreifen wählen muss, als für bolometrische Arbeiten sonst üblich ist.

1) H. F. Raid, Sill. Journ. (3) **35**, 160—166, 1888 und O. Lummer und F. Kurlbaum, Wied. Ann. **46**, 204—224, 1892.

1) Wied. Ann. **61**, 419. 1897.

(Eingegangen 14. Januar 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

G. Benischke (Berlin), Neuere Wechselstrom-Messinstrumente.

Die Wechselstrom-Instrumente, die ich Ihnen vorzuführen beabsichtige und welche von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, gebaut werden, gehören zwei verschiedenen Gattungen an: die einen sind Schalttafelinstrumente, die anderen Präzisionsinstrumente. Dass eine solche Zweiteilung nötig ist, liegt in den weitaus höheren Herstellungskosten der letzteren. Bei den Schalttafelinstrumenten kommt es vor allem nicht darauf an, dass sie von der Polwechselzahl unabhängig sind, weil fast jede Wechselstromanlage aus verschiedenen Gründen genötigt ist, eine bestimmte Polwechselzahl einzuhalten, welche bei der Aichung der Instrumente berücksichtigt werden kann. Wohl aber ist eine ausreichende Dämpfung der Zeigerausschläge von grösster Wichtigkeit, namentlich bei Anlagen mit Parallelbetrieb. Eine solche

Dämpfung lässt sich bei diesen Instrumenten, die auf der elektro-dynamischen Schirmwirkung beruhen, leicht herstellen. Ausser der Dämpfung haben diese Instrumente gegenüber vielen Systemen von elektromagnetischen Instrumenten auch noch den Vorteil, dass ihre Angaben unabhängig sind von der Kurvenform des Wechselstromes, wenigstens soweit sich dies auf die in der Praxis möglichen Kurvenformen bezieht. Diese Eigenschaft ist für Wechselstrom-Instrumente darum unerlässlich, weil man sie bei der Aichung nicht berücksichtigen kann, wie etwa die Abhängigkeit von der Polwechselzahl. Diese Instrumente haben folgende Einrichtung:

Zu beiden Seiten einer um die Achse *A* drehbaren Metallscheibe (Fig. 1) befinden sich

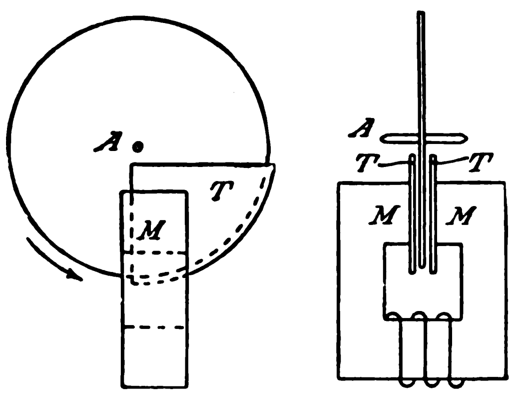


Fig. 1.

die Wechselstrom-Magnetpole *M* einander gegenüber. Vor diesen befinden sich die Metallplatten (Schirme) *T*, welche die Polflächen teilweise bedecken. Die Kraftlinien, die von einem Magnetpol zum anderen gehen, treffen zum Teil die feststehenden Schirme, zum Teil (links von den Schirmen) die drehbare Scheibe und induzieren in ihnen in sich geschlossene Ströme. Da diese von demselben magnetischen Felde erzeugt werden, haben sie dieselbe Richtung. Nach einem Grundgesetze der Elektrodynamik ziehen sich gleichgerichtete parallele Ströme an; und weil die in der drehbaren Scheibe induzierten Ströme links seitwärts von den Schirmen (neben dem unbedeckten Teile der Magnetpole) ihren Sitz haben, so erhält die Scheibe ein Drehmoment im Sinne des Pfeiles. In der praktischen Ausführung haben die schirmenden Platten ein anderes Aussehen: sie reichen nach rechts nicht über die drehbare Scheibe hinaus, sondern sind aufgebogen, so dass sie oben und rechts die Pole auch seitlich bedecken. Ausserdem wirkt auf die Scheibe noch der in Figur 2 (Voltmeter) sichtbare Dauermagnet, welcher die Dämpfung des Ausschlages bewirkt. Die Ampèremeter unterscheiden sich von den Voltmetern nur durch die Wickelung und die Stromzuführung.

Da sich bei Wechselströmen die Leistung nicht durch Multiplikation von Strom und Spannung ergiebt, wie bei Gleichstrom, so sind besondere Leistungsmesser (Wattmeter) erforderlich. Diese werden nach dem gleichen System ausgeführt (Fig. 3) und enthalten drei

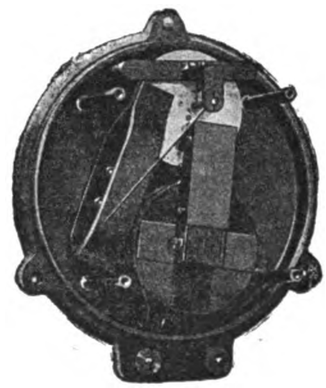


Fig. 2.

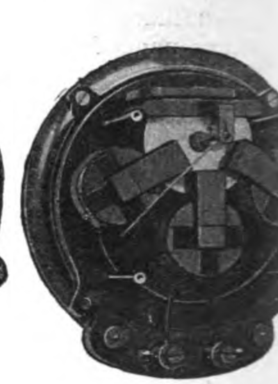


Fig. 3.

Elektromagnete, welche alle auf dieselbe Scheibe wirken, und von denen der mittlere im Hauptstrom, die beiden äusseren im Nebenschluss liegen. Eine theoretische Untersuchung[1]) hat gezeigt, dass es möglich ist, bei solchen Instrumenten die Angaben unabhängig von der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung (also unabhängig von dem Leistungsfaktor $\cos \varphi$) zu gestalten, so dass es also wirkliche Wattmeter sind.

Eine Abhängigkeit dieser Instrumente von der Kurvenform innerhalb der im Wechselstrombetriebe vorkommenden Abweichungen von der Sinus-Linie ist nicht vorhanden. Hingegen ist die Aichung abhängig von der Polwechselzahl. Bei den Voltmetern ist diese am geringsten; sie beträgt zwischen 80 und 100 Wechsel ungefähr 0.5 %. Bei den Wattmetern ist sie etwas grösser (etwa doppelt so gross), und bei den Ampèremetern am grössten, bei denen sie innerhalb derselben Grenzen ungefähr 12 % beträgt. Es ist daher erforderlich, die Aichung bei einer bestimmten Polwechselzahl auszuführen, die bei jedem Instrument auf der Skala bezeichnet wird.

Für die in Hochspannungsanlagen zur Verwendung kommmenden Instrumente wurde bei diesem System eine Neuerung eingeführt, welche eine wesentliche Erhöhung der Betriebssicherheit bedeutet. Denn bei jenen bildet gerade die Schalttafel mit ihren Instrumenten einen heikleren Gegenstand in Bezug auf die Betriebssicherheit, als die Maschinen oder die Trans-

1) Elektrot. Zeitschrift 1899, Heft 4.

formatoren. Die ersteren sind in solchen Fällen immer so gross, dass eine genügende Isolation untergebracht werden kann, und bei den letzteren kann die betriebssichere Grenze der Spannung dadurch weiter heraufgerückt werden, dass man sie in Ölkästen einbaut. Das geht aber bei den Messinstrumenten nicht, und es wurde daher auch auf die Ampèremeter jene Eigenschaft der Wechselströme angewendet, welche bei den Spannungsmessern schon meist in Gebrauch ist, nämlich ihre Umwandlungsfähigkeit.

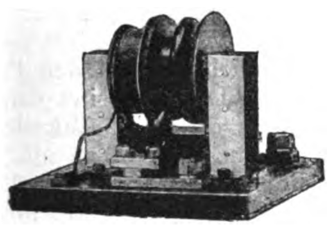


Fig. 4.

Dazu dienen die sogenannten Stromwandler. Figur 4 zeigt die Ansicht eines solchen für 250 Ampère. Die Spule, welche den zu messenden hochgespannten Strom führt, und die hier beispielsweise aus einer Windung besteht, ist sehr sorgfältig isoliert, was sich bei einer derartigen Anordnung leicht durch Stabilit oder Mikanit erreichen lässt. Die sekundäre Wickelung, welche zum Messinstrument selbst führt, hat nur geringe Spannung, aber doch so viel, dass man es auch in beträchtlicher Entfernung vom Stromwandler und der Hochspannungsleitung anbringen kann. Zur Verbindung des Stromwandlers mit dem Messinstrument genügt bei einem Meter Entfernung eine Drahtstärke von 0,5 mm, bei 10 m Entfernung ist ein Kupferdraht von ungefähr 2 mm Stärke erforderlich. Auch bei den Wattmetern dieses Systemes ist die Anwendung von Stromwandlern möglich; doch muss hierbei, um das gewünschte Ziel, nämlich Instrumente, die gar keine Hochspannung führen, zu erreichen, auch der Nebenschlussstrom umgeformt werden. Dies geschieht mittelst eines Spannungswandlers, der im Prinzip einem Transformator gleicht und sich von diesem nur durch eine andere Anordnung unterscheidet. Es gehört demnach zu jedem Wattmeter ein bestimmter Stromwandler und ein bestimmter Spannungswandler, sowie zu den dynamometrischen Wattmetern ein bestimmter Widerstand. Die Verbindung dieser Hilfsapparate mit dem Instrumente selbst ist aus Figur 5 zu ersehen.

Die Möglichkeit, Hochspannungs-Wattmeter zu bauen, ohne den hochgespannten Strom selbst in das Instrument führen zu müssen, kommt den Induktions-Wattmetern allein zu. Bei den dynamometrischen Wattmetern hingegen ist die Verwendung von Strom- und Spannungswandlern unmöglich, weil durch diese eine Phasenverschiebung verursacht wird, die wesentlich anders sein kann als die Phasenver-

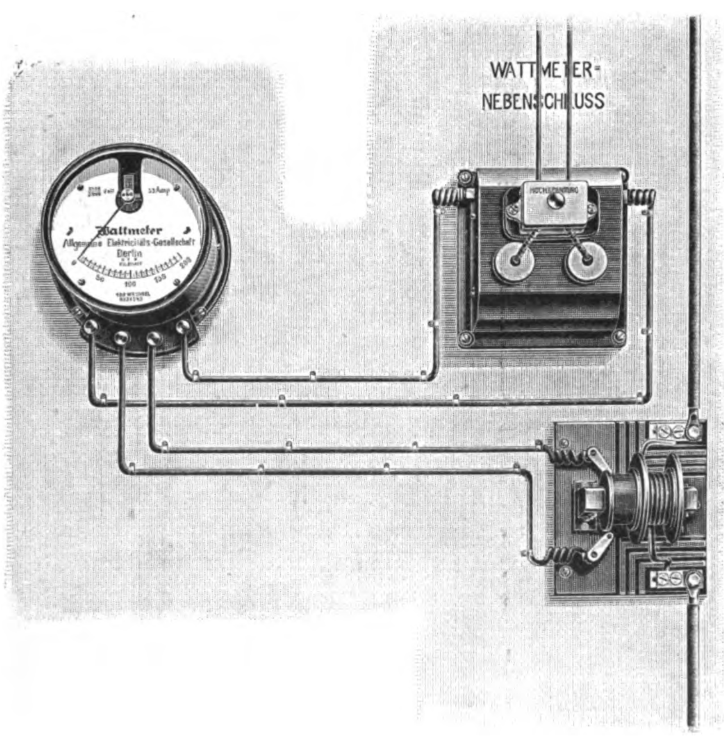


Fig. 5.

schiebung in dem zu messenden Stromkreise. Bei diesen Induktions-Wattmetern ist es möglich, die vom Strom- und Spannungswandler verursachte Phasenverschiebung auszugleichen, so dass ihre Angaben vom Leistungsfaktor unabhängig sind.

Abgesehen von der wesentlich höheren Betriebssicherheit, welche den eben beschriebenen Hochspannungs-Ampèremetern und Wattmetern eigen ist, kommt noch ein anderer nicht minder wichtiger Umstand in Betracht, nämlich der, dass es jetzt möglich ist, Hochspannungsschalttafeln zu bauen, welche auf ihrer Vorderseite keinen einzigen Hochspannung führenden Teil haben, wodurch die Gefahr für die Bedienungsmannschaft gänzlich beseitigt ist.

Die Verwendung von Stromwandlern bietet nicht nur bei den Hochspannungs-Instrumenten einen grossen Vorteil, sondern auch bei jenen Ampèremetern und Wattmetern für Niederspannung, welche für sehr grosse Stromstärken geeignet sein sollen. Bei solchen macht nicht nur die Installation Schwierigkeiten, sondern es ist auch die Unterbringung des grossen Kupferquerschnittes im Instrumente selbst nicht möglich. Es kommen infolgedessen Stromwandler zur Verwendung, bei denen der unterteilte Eisenkörper die Kupferschienen umgiebt, wie dies aus der Figur 6 ersichtlich ist. Eine sekundäre Wickelung sitzt auf einem Längsstück des Eisenkörpers. Da es sich bei so grossen Stromstärken immer nur um niedrige Spannungen handelt, so ist es möglich, für ein Ampèremeter und Wattmeter, die denselben Stromkreis messen sollen, einen einzigen Stromwandler zu verwenden, wie dies Figur 6 zeigt, welche ein Wechselstrom-Ampèremeter und Wattmeter einer Karbidanlage bis 8000 Ampère darstellt.

Es dürfte auf diese Weise zum ersten Male möglich geworden sein, Wattmeter für so hohe Stromstärken auszuführen.

Ich wende mich nun zu den Präzisions-Instrumenten. Darunter sind solche zu verstehen, an welche dieselben Anforderungen gestellt werden können, wie an die bekannten Gleichstrom-Präzisionsinstrumente; d. h. also, sie müssen grosse Genauigkeit und Empfindlichkeit und eine gute Dämpfung besitzen. Ausserdem müssen sie aber auch von der Polwechselzahl und der Kurvenform des Wechselstromes unabhängig sein. Die Torsions-Dynamometer, die bisher meist zu genauen Messungen verwendet wurden, besitzen keinerlei Dämpfung, so dass sie bei schwankendem Strome nicht zu brauchen sind, da ja bekanntlich der abzulesende

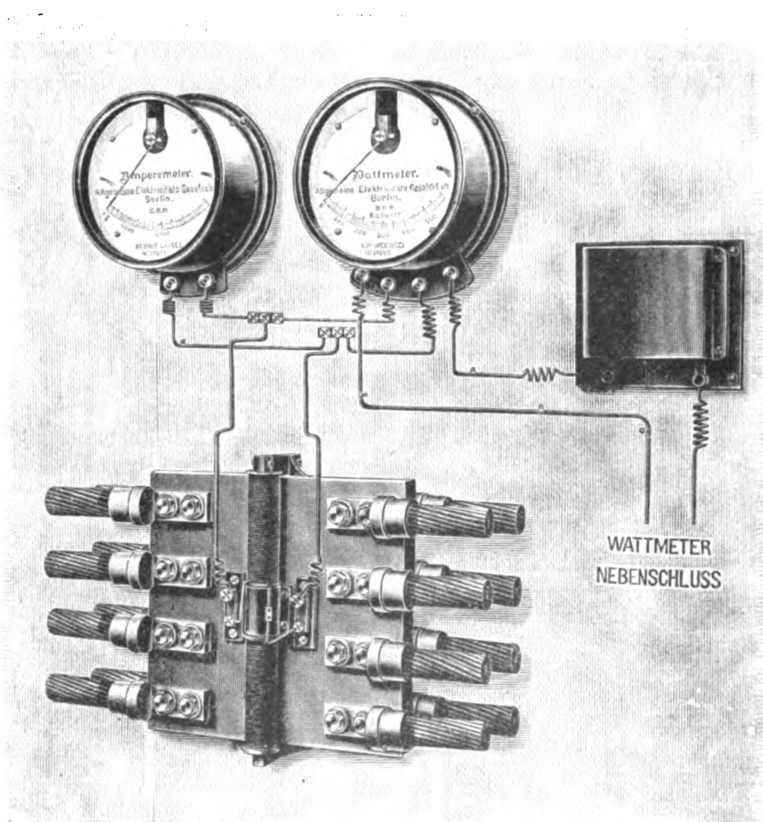


Fig. 6.

Zeiger mittelst eines Torsionsknopfes eingestellt werden muss. Die Instrumente aber, die ich Ihnen vorführen will, sind dynamometrische Zeigerinstrumente mit einer Dämpfung, die man bisher bei solchen Instrumenten für unmöglich erklärt hat, nämlich mit magnetischer Dämpfung. Allerdings darf man in dynamometrischen Instrumenten, wie sie bisher bekannt sind, einen Dauermagnet, der die Dämpfung bewirken

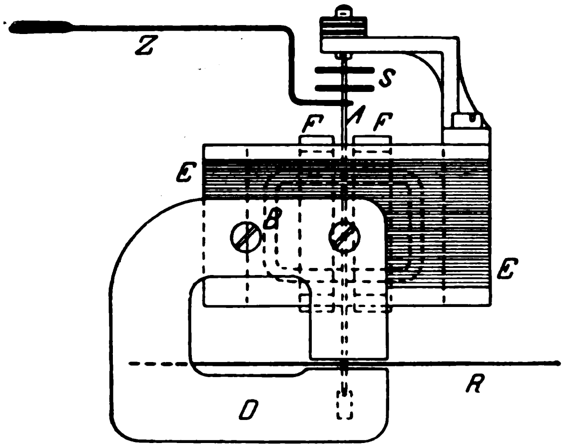


Fig. 7.

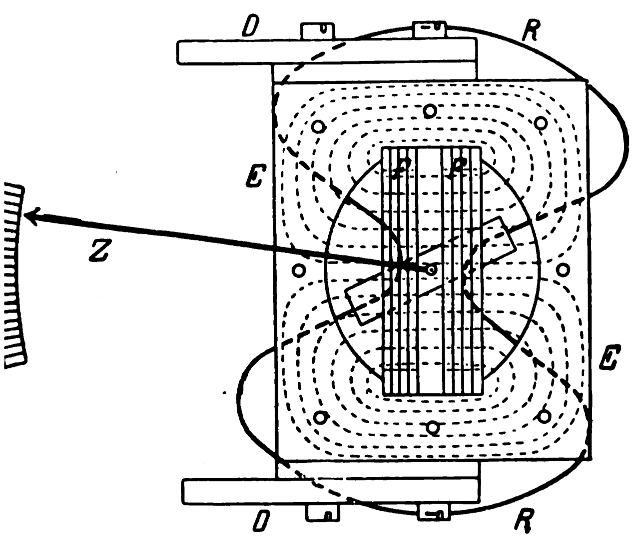


Fig. 8.

soll, nicht ohne weiteres hineinbringen, weil er das Feld derartig verzerrt, dass eine brauchbare Skala nicht zu erzielen ist, und weil der Dauermagnetismus unter dem Einflusse des Wechselstromes allmählich vernichtet wird, so dass die Dämpfung schliesslich verloren geht. Bei der hier getroffenen Einrichtung aber ist es möglich, eine magnetische Dämpfung anzubringen. Das Wesentliche der inneren Beschaffenheit aller dieser Instrumente, Voltmeter, Wattmeter und Ampèremeter ist aus den Figuren 7 und 8 zu ersehen.

In einem aus Eisenblech zusammengesetzten Körper *E*, welcher eine von Kreisbögen begrenzte Bohrung besitzt, ist die aus zwei Teilen bestehende feste Spule *F* eingesetzt. Innerhalb dieser befindet sich an der Achse *A* die bewegliche Spule *B*, welcher der Strom durch die Spiralfedern *S*, die gleichzeitig als Gegenkraft dienen, zugeführt wird. Auf der Achse *A* sitzt auch der Zeiger *Z*, welcher auf einer empirisch geaichten Skala einspielt, und der Aluminium-Doppelflügel *R*, dessen äusserer Rand sich zwischen den Polen der beiden Dämpfmagnete *D* bewegt und in bekannter Weise dazu dient, die Schwingungen des drehbaren Systems zu dämpfen. Die gestrichelten Linien in der Figur 8 stellen den Verlauf der von der festen Spule erzeugten Kraftlinien dar. Wie man daraus ersieht, ist der Eisenkörper *E* in Bezug auf die festen Spulen so gestaltet, dass er die Kraftlinien in sich aufnimmt und ihren Verlauf so bestimmt, dass die Dämpfmagnete von ihnen nicht getroffen werden und infolgedessen ihren Dauermagnetismus nicht verlieren. Der innere Teil des Instrumentes hingegen, in welchem sich die drehbare Spule bewegt, ist frei von Eisen. Es verläuft also gewissermassen nur der Rückweg der Kraftlinien im Eisen, was für die elektrischen Eigenschaften dieser Instrumente von Wichtigkeit ist.

Unter den drei Gattungen dieser Instrumente ist das Voltmeter das einfachste. Die feste und bewegliche Spule bestehen aus entsprechend dünnem Kupferdraht und sind hintereinander geschaltet, wozu natürlich noch ein Vorschaltwiderstand kommt. Sie werden in der Regel für zwei Messbereiche ausgeführt.

Was das Wattmeter anbelangt, so ist, wie

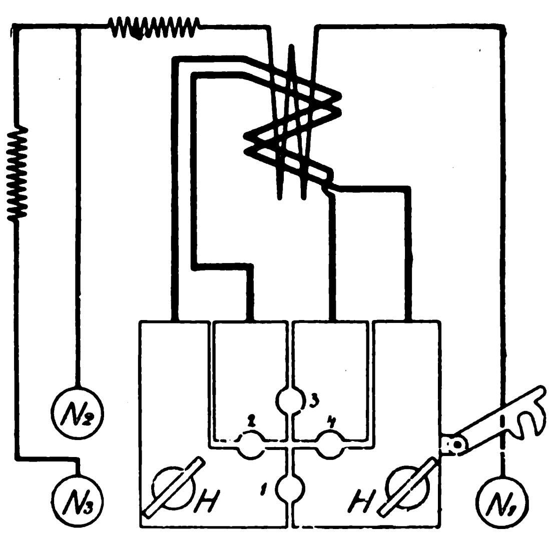


Fig. 9.

bei allen Leistungsmessern, die feste Spule in den Hauptstromkreis, die bewegliche in den Nebenschluss eingeschaltet, und zwar besteht die feste Spule aus zwei Wickelungen. Die vier Enden derselben sind zu einer kleinen Schalttafel herausgeführt (Fig. 9 u. 10), die auf dem Instrumente selbst angebracht ist; sie können mittelst Stöpsel hintereinander und nebeneinander geschaltet werden, und man erhält so einen doppelten Messbereich in Bezug auf die Stromstärke.

Steckt man einen Stöpsel in 1, so ist das Instrument kurzgeschlossen, und der Strom geht unmittelbar von der einen Klemme zur anderen.



Fig. 10.

Die Klemmen für den Nebenschluss sind in Figur 9 mit N bezeichnet. Bei N_1 befindet sich ein beweglicher Haken, durch welchen diese Klemme unmittelbar mit dem Hauptstrome verbunden werden kann. Dieser Anschluss muss gewählt werden, wenn es sich um Messungen in einem Hochspannungs-Stromkreise handelt, damit nicht zu grosse Spannungsunterschiede im Instrumente selbst zwischen der festen und beweglichen Spule auftreten. In der Regel werden diese Wattmeter für zwei Spannungs-Messbereiche ausgeführt und die entsprechenden Vorschaltwiderstände, die mit den Anschlussklemmen N_2 und N_3 verbunden sind, im Instrumente selbst untergebracht. Es sind also bei diesen Instrumenten ohne sonstige Hilfsapparate vier Messbereiche vorhanden. Figur 10 zeigt das Äussere eines solchen.

Die Ampèremeter dieses Systems haben folgende Einrichtung: Die feste Spule wird von dem zu messenden Strome durchflossen, während die bewegliche Spule im Nebenschluss zu einem der festen Spule vorgeschalteten Messwiderstande liegt, oder im Nebenschluss des Messwiderstandes und der feststehenden Stromspule; und zwar kann der Messwiderstand gleich in das Instrument selbst eingebaut oder besonders beigegeben werden. Auch die Ampèremeter können durch Stöpsel für Hintereinanderschaltung und Nebeneinanderschaltung der beiden festen Spulen eingerichtet werden, wodurch der Messbereich verdoppelt wird.

(Eingegangen 22. Dezember 1900.)

Diskussion.

Raasch: Ich möchte fragen, wann Sie zum ersten Male mit diesen gefahrlosen Ampèremetern angefangen haben.

Benischke: Die Anfänge reichen bis fünf Jahre zurück. Praktisch in Wirklichkeit gesetzt sind sie von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft seit drei Jahren.

Raasch: Bei den Lahmeyerschen Maschinen in Paris war die Sache auch.

Benischke: Ja, Lahmeyer hat solche Apparate von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft bezogen, wie auch viele andere Firmen.

Raasch: Ja, das war noch eine Lücke, die ausgefüllt werden musste. Denn vorher war ja ein Schaltbrett nie ganz gefahrlos.

Personalien.

An der Universität Heidelberg wurde die etatmässige ausserordentliche Professur für organische Chemie dem ausserordentlichen Professor Dr. Emil Knoevenagel übertragen.

Professor der Physik an der Technischen Hochschule in Darmstadt P. Schering erhielt den Titel Geh. Hofrat.

Die Berliner Akademie der Wissenschaft hat dem Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule Hannover Runge und dem Professor der Physik ebenda Frd. Paschen 1400 Mk. zur Beschaffung eines Halbring-Elektromagneten bewilligt.

Den Charakter als Geheimer Hofrat erhielt der ordentliche Professor der Mathematik an der Universität zu Giessen Eug. Netto.

Der Professor an der deutschen Staatsgewerbeschule, E. Janisch, in Brünn wurde zum ausserordentlichen Professor der darstellenden Geometrie an der deutschen technischen Hochschule in Prag, der Oberingenieur Baudiss zum ordentlichen Professor des Maschinenbaues an derselben Hochschule ernannt.

Der Chefelektriker der Berliner Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft von Dolivo-Dobrowolsky hat einen Ruf als Professor und Leiter der elektrotechnischen Anstalt am neuen Polytechnikum zu St. Petersburg erhalten und wird diesem Rufe Folge leisten.

An der Universität Erlangen wurde der bisherige Privatdozent an der Universität Graz Dr. phil. Ferdinand Heinrich aus Wiesbaden als Privatdozent für Chemie aufgenommen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 18. 2. Februar 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Groningen (Direktor: H. Haga).

No. 3[1]): C. H. Wind, Zum Fresnelschen Beugungsbilde eines Spaltes.

Behufs der Diskussion von Versuchen über die Beugung von Röntgenstrahlen habe ich mir eine gleichsam topographische Zeichnung des Beugungsbildes eines von einer punktförmigen homogenen Lichtquelle beleuchteten, sich linear verjüngenden Spaltes konstruiert.

[Das allgemeine Verhalten eines solchen Bildes ist ersichtlich aus den Figuren 1 und 2, welche möglichst naturgetreu gezeichnet worden sind nach photographisch aufgenommenen Beugungsbildern von Spalten der erwähnten Gestalt, bei sehr kleiner Ausdehnung aber mangelhafter Homogeneität der Lichtquelle. Fig. 1 ist eine Aufnahme bei kurzer, Fig. 2 eine bei längerer Beleuchtung; erstere zeigt demzufolge die Einzelheiten am deutlichsten in den lichtstarken, letztere dagegen in den lichtschwachen Partien.]

Die in Fig. 3 reproduzierte Zeichnung ist nach einer sorgfältigen Ausmessung einer auf einer mattierten schwarzen Glastafel angebrachten Cornuschen Spirale[2]) entworfen worden.



Fig. 1.

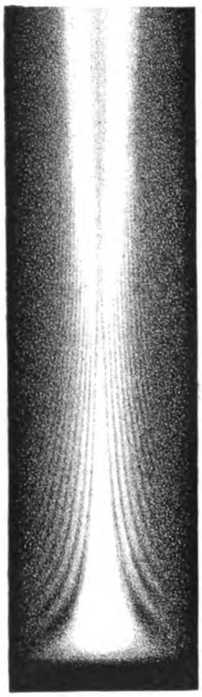


Fig. 2.

— aus mehreren Ursachen — die Punkte der fertiggestellten Spirale durchschnittlich nicht genauer als auf etwa $^1/_4$ mm, d. h. auf 5 Einh. der letzten Stelle, mit den Gilbertschen Zahlen. Es wurde die Kurve der Spirale zwischen je zwei aufeinanderfolgenden der abgetragenen Punkte — nachdem der mittlere Krümmungsradius durch Berechnung gefunden war — wieder mittels des Stangenzirkels gezogen.

Es sind bei der Konstruktion zwei Fehler in den Tabellen von Gilbert an's Licht gekommen; es hat sich nämlich herausgestellt, dass der Wert 0.1441 des Sinusintegrals bei $v = 0.65$ und der Wert 0.3363 des Cosinusintegrals bei $v = 1.8$ erheblich ungenau sein müssen und mit Vorteil zu ersetzen sind etwa durch 0.1393 und 0.3337, beziehungsweise.

1) No. 2: Diese Zeitschrift I, 112, 1900.

2) Die Spirale habe ich mir im vorigen Jahre für Arbeits-, wie für Unterrichtszwecke nach den von Gilbert für die Fresnelschen Integrale gegebenen Tabellen (Mém. cour. de l'Ac. de Brux. 31_1, 51, 1862) hergestellt. Sie wurde mit einem Schreibdiamanten auf eine 1 qm grosse matte schwarze Glastafel (geliefert von Ant. N. Bouvy, Amsterdam) eingekratzt, nachdem mittels eines mit Mikrometerschraube und Nonius versehenen Stangenzirkels die den Gilbertschen Zahlen entsprechenden Punkte abgetragen worden waren. Es wurde für die Einheit der Ordinaten und Abscissen 50 cm genommen. Da die Gilbertschen Zahlen 4 Dezimalstellen angeben, entsprach eine Einheit der letzten Stelle in denselben einer Länge von 0.05 mm auf der Tafel. Die Einstellung des Stangenzirkels geschah auf 0.1 mm genau; trotzdem stimmen

Die stark gezogenen Geraden *aa* stellen die Grenzen der geometrischen Projektion des Spaltes auf die Beobachtungsebene vor. Wenn die Fortpflanzung des Lichtes genau geradlinig wäre, würde ausserhalb dieser Grenzen gar kein Licht vorhanden sein, während innerhalb derselben die Intensität der Beleuchtung überall intensität im Beugungsbilde vor. Die beigeschriebenen Zahlen drücken jene Intensität in Bruchteilen der Normalintensität als Einheit aus. Bei den in der Figur sich vorfindenden Kurven folgen nicht die Intensitäten, sondern die Quadratwurzeln derselben wie die Glieder einer arithmetischen Reihe aufeinander.

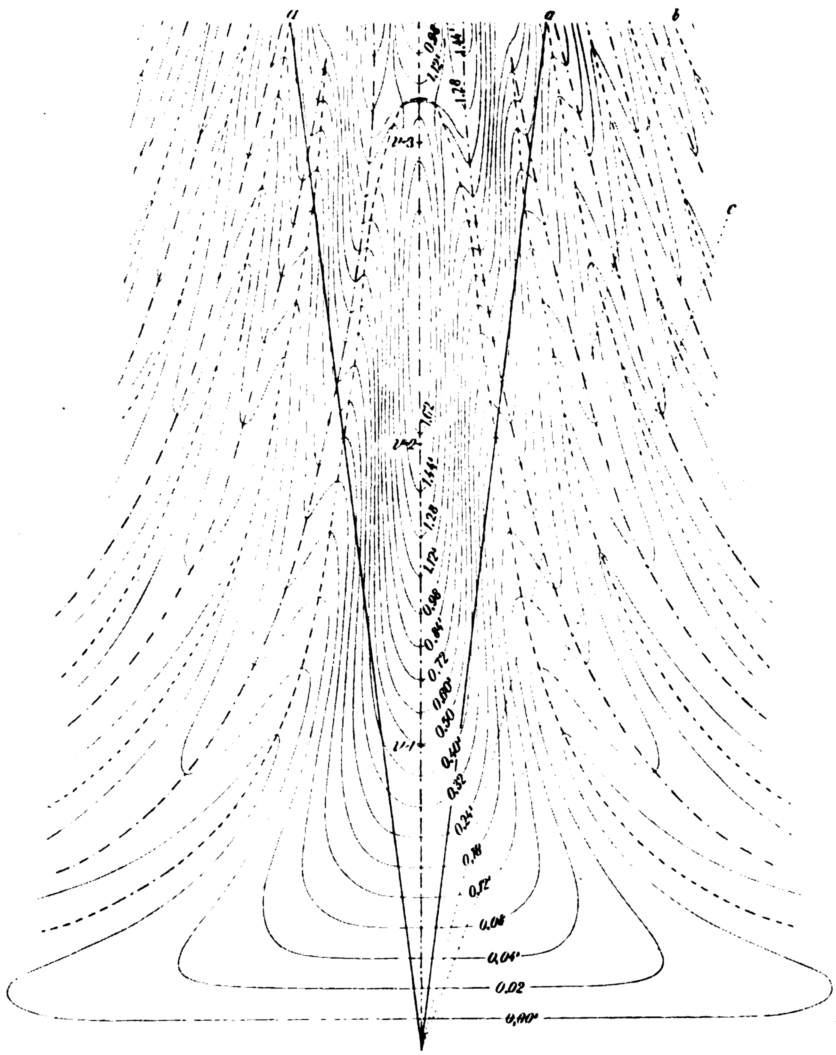


Fig. 3.

eine gleiche sein würde und zwar eine, die wir die Normalintensität nennen wollen.

Die dünnen ausgezogenen Kurven sind nun auf Grund der Ausmessung der Spirale konstruiert worden und stellen Linien gleicher Beleuchtungs-

Die —·—·—· gezogenen Kurven verzeichnen den Verlauf der Maxima, die — — — — — — gezogenen den der Minima der Beleuchtung. Die Mittellinie ist in der Figur zum grossen Teil eine Maximal-, zum kleinen Teil eine Minimalkurve.

Es wurde ausser einer vollständigen Spirale, welche nach Cornu (Journ. de Phys. **3**, 5 u. 44, 1874) zum Studium der Beugungsbilder eines Spaltes dienen kann, auch für die Beugungsbilder einer Nadel (vergl. Macé de Lépinay, Journ. de Phys. (2) **3**, 11, 1884), eine zweite in einem asymptotischen Punkte mit der ersteren zusammenhängende Spirale, diese aber nur zur Hälfte, angebracht.

Behufs der Sichtbarkeit in grösseren Entfernungen wurden die Spiralen mit der Reissfeder (in einer Breite von etwa 1/2 mm), die eine weiss, die andere rot übermalt; es wurden dazu mit Leinöl verdünnte Tubusfarben (sog. Künstler-Ölfarben, von Günther Wagner, und zwar Cremserweiss und Chines. Zinnober) verwendet.

Schliesslich wurde die Glastafel in einen Holzrahmen gefasst, über dessen Oberfläche die Zeichenfläche einige Millimeter überstand.

Zum genauen Ausmessen der Spiralen wird eine in Millimeter eingeteilte durchsichtige Glasskala benutzt.

Eine Intensitätslinie mit zwei Doppelpunkten findet sich in der Figur bruchstückweise angegeben; ferner zeigt diese drei singulare Punkte, wo Maximal- und Minimalkurven sich begegnen.

Die aus dieser Zeichnung hervorgehenden Einzelheiten des Beugungsbildes eines linear sich verjüngenden Spaltes lassen sich der Hauptsache nach qualitativ ganz deutlich in den Figuren 1 und 2 wiederfinden.

Bei der Mittellinie sind an drei Stellen die Werte der tabularen Breite des Spaltes (nach Fresnels Bezeichnungsweise)

$$v = s\sqrt{\frac{2(a+b)}{a\,b\,\lambda}}$$

beigeschrieben, wo
s die Spaltbreite,
a die Entfernung zwischen Quelle und Spalt,
b die Entfernung zwischen Spalt und Beobachtungsebene,
λ die Wellenlänge bezeichnet.

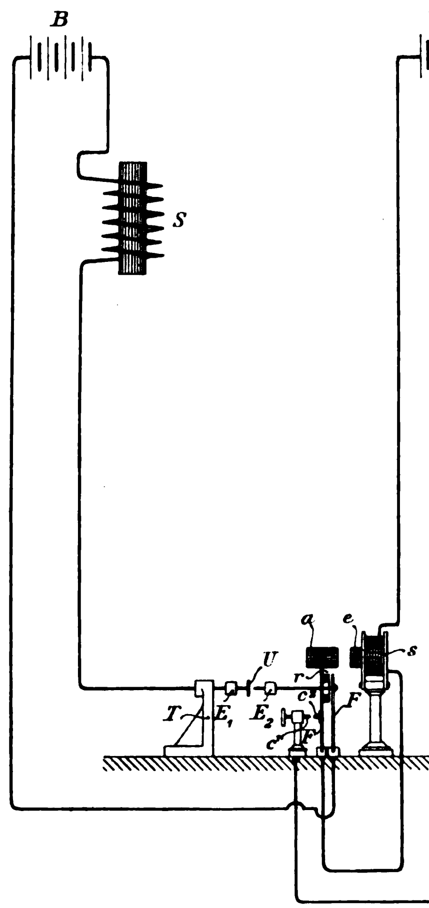
Es gestattet die Fig. 3 offenbar, für jeden Fall der Fresnelschen Beugung an einem schmalen Spalt, bei unendlich kleiner und homogener Lichtquelle, augenblicklich die Intensitätsverteilung in dem zu erwartenden Beugungsbilde zu ermitteln, wenn man nur die Werte von s, a, b und λ kennt; man hat bloss den zugehörigen Wert von v zu berechnen und wird in dem diesem Werte entsprechenden Horizontalschnitt der Figur die verlangte Intensitätsverteilung angezeigt finden.

(Eingegangen 21. Dezember 1900.)

Über einen Apparat zur Erzeugung luftlinienfreier Spektra und über das Spektrum des Radiums.

Von A. Miethe.

Der in Kaysers Handbuch der Spektroskopie, Seite 184, beschriebene Apparat von Auer von Welsbach, dem von seinem Erfinder nachgerühmt wird, dass er luftlinienfreie Spektra liefere, ist von mir in Bezug auf seine Wirksamkeit von neuem untersucht worden, da sich ein allerdings unvollständiger Apparat dieser Art in meinem Laboratorium vorfand. Ich habe denselben nach den Originalangaben Auers ergänzen lassen und mich von der Thatsache überzeugt, dass er wirklich luftlinienfreie Spektra von grosser Brillanz liefert; bei seinem Gebrauch aber stellen sich derartige Mängel ein, dass von einer praktischen Benutzung dieser Vorrichtung, besonders für die Zwecke der Spektrographie, wohl abgesehen werden muss. Einerseits ist das Spiel der Unterbrechung und der Öffnungsfunken infolge der eigenartigen Schaltung der Unterbrechungsvorrichtung ein äusserst unregelmässiges, so dass zeitweise der Öffnungsfunke der grossen selbstinduzierenden Spirale überhaupt nicht zum Erscheinen zu bringen ist, dann wiederum durch Kurzschluss an der anderen Unterbrechungsstelle sich an der Unterbrechungsstelle des Hauptstromkreises eine Art Lichtbogen bildet, durch dessen plötzliche Wärmewirkung die Platinelektrode geschmolzen wird. Das für das Funktionieren des Apparats notwendige abwechselnde Spiel der beiden Unter-



brechungsstellen im Auerschen Apparat ist kaum erreichbar. Hierzu kommt, dass für die Untersuchungen verhältnismässig grosse Substanzmengen notwendig sind, und dass das Spektrum der Kohlenelektrode mindestens ebenso stört wie das Luftspektrum, welches unterdrückt worden ist.

Nähere Untersuchungen zeigten, dass der Vorteil der vollkommenen Luftlinienfreiheit nicht nur bei der Auerschen Schaltung erreicht wird, sondern dass ein Öffnungsfunke bei passender Wahl der Selbstinduktion immer ein luftlinienfreies Spektrum liefert. Infolge dieser Beobachtungen habe ich eine Neukonstruktion eines derartigen selbstinduzierenden Unterbrechers ge-

plant, und hat nach meinen Wünschen und Angaben die Firma Ferdinand Ernecke in Berlin einen Apparat gebaut, der ausserordentlich zufriedenstellende Resultate gegeben hat. Die schematische Zeichnung des Apparats (s. Figur) ergiebt die näheren Konstruktionseinzelheiten.

Die Spule S von hoher Selbstinduktion ist in den Stromkreis der Batterie B eingeschaltet zugleich mit einer Funkenstrecke bei U, die durch eine feststehende Elektrode E_1 und eine bewegliche Elektrode E_2 gebildet wird. Die bewegliche Elektrode sitzt an einer Feder F, deren rasche Schwingungen ein periodisches Öffnen und Schliessen der Funkenstrecke bei U bewirken. Die Schwingungen der Feder werden durch einen von einer zweiten Stromquelle b bethätigten Wagnerschen Hammer bewirkt, dessen Konstruktion aus der Figur deutlich ersichtlich ist. Er besteht aus der kleinen Spule s mit dem Eisenkern d und dem Eisenanker a. Die Unterbrechungsstelle c_1 befindet sich an der Feder der schwingenden Elektrode E_2. Die selbstinduzierende Spule S besteht aus 1400 Windungen eines etwa 1 mm starken Drahtes und enthält in ihrem Inneren einen Lamellenmagnet, der durch starke Eisenstäbe nach aussen geschlossen ist. Der Apparat ist so eingerichtet, dass er entweder direkt unter Benutzung eines Lampenwiderstandes an eine Centralleitung von beliebiger Spannung angeschlossen werden kann oder auch durch Elemente oder Akkumulatoren zu bethätigen ist. Der Stromverbrauch ist ein sehr geringer. Dass man unter Benutzung eines passenden Vorschaltewiderstandes mit einer einzigen Stromquelle den Apparat bethätigen kann, ist selbstverständlich. Was nun die spektralen Eigenschaften der Unterbrechungsfunken anlangt, so ist über dieselben folgendes zu bemerken. Lässt man den Funken zwischen zwei Platinelektroden überschlagen, die zwecks besserer Ableitung der Wärme auf grössere Kupferkörper aufgeschraubt sind, so erblickt man im Spektroskop ein vollkommen luftbandenfreies Spektrum, welches auf dunklem Grunde die Hauptlinien des Platins zeigt. Sobald ein leicht verdampfbares Metall in Form einer Salzlösung auf die Elektroden gebracht wird, verschwinden die Platinlinien, und es erscheint das Spektrum des betreffenden Metalles mit ausserordentlicher Schärfe und Reinheit der Linien, die ebenfalls auf einem absolut dunklen Grunde stehen. Das Spektrum ist, wie auch Auer von Welsbach schreibt, nicht vollkommen identisch mit dem Spektrum eines Induktionsfunkens, doch kann ich nicht finden, dass das rote Ende des Spektrums verhältnissmässig lichtschwach ist; es treten beispielsweise bei Erdalkalimetallen mehr Linien auf als im Induktionsfunkenspektrum. Eine besonders wertvolle Eigenschaft dieses Unterbrechungsapparates liegt in der Thatsache, dass ein Verspritzen von Lösungen, wenn dieselben in genügend geringer Menge auf die Elektroden gebracht werden, nicht eintritt, und dass man mit sehr kleinen Substanzmengen sehr langandauernde Spektralreaktionen erhält.

Der Apparat hat mir zunächst zur Untersuchung des Radiumspektrums gedient. Es war mit Hilfe desselben möglich, von einer Substanzmenge von weniger als 1 mg vier Spektrogramme zu erhalten bei einer Expositionszeit von je 5—15 Sekunden. Die Lichtstärke des Funkens wird dadurch gekennzeichnet, dass es sehr gut möglich ist, mit Hilfe dieses Apparates Spektra in allerdings nicht allzu grossem Massstabe zu projizieren.

Das Radiumspektrum selbst anlangend möchte ich folgende vorläufige Mitteilung machen. Benutzt zur spektrographischen Untersuchung wurde von mir eine Substanz, welche durch wiederholtes fraktioniertes Krystallisieren nach der von Giesel angegebenen Methode von 130 g radioaktiven Bariumbromids von de Haën gewonnen worden war. Von den ursprünglich 130 g wurden ca. 4 g einer äusserst radioaktiven Substanz auf diese Weise gewonnen. Das Spektrum enthält in dem von mir photographierten Teile zwischen den Wellenlängen 670 und 380 neben den Linien des Bariums und den schwach angedeuteten Linien des Platins sowie einigen Linien des Calciums einerseits die bereits von Demarcay gefundenen starken Linien im blauvioletten Teile. Die Linien sind in dem von mir untersuchten Präparat zum Teil ebenso stark wie die Hauptlinien des Bariums, besonders die Radiumlinien 468,32 und 434,8 treten mit ausserordentlicher Intensität hervor. Im weniger brechbaren Teil zwischen den Wellenlängen 500 und 700 habe ich andererseits noch eine ganze Anzahl von Radiumlinien feststellen können, von denen aber keine so stark ist wie die Linien im violetten Teil des Spektrums. Die Messung dieser Linien musste vorerst noch aufgeschoben werden. Um möglichst sicher zu gehen, dass die beobachteten Linien nicht anderen Substanzen als dem Radium angehörten, wurde zum Vergleich immer die letzte Mutterlauge der fraktionierten Krystallisation benutzt, die fast vollkommen radiumfrei ist, jedenfalls Spektralreaktionen des Radiums nicht mehr giebt. Ein kleines Präparat von Curie, welches mir von Giesel freundlichst für diesen Zweck zur Verfügung gestellt wurde, zeigte ein Spektrum, welches in Bezug auf die Lage der Linien dem Spektrum der von mir angerührten Substanz vollkommen glich, doch sind die Intensitätsverhältnisse der Linien nicht vollkommen gleich; ausserdem treten in dem Curieschen Präparat nur noch die stärksten Bariumlinien hervor.

(Eingegangen 18. Januar 1901.)

Thermoluminescenz durch Radiumstrahlen.

Von Eilhard Wiedemann.

Die durch Radiumstrahlen erzeugte Fluorescenz ist im allgemeinen schwach und nur im ganz verdunkelten Zimmer bei vollkommen ausgeruhten Augen wahrzunehmen. Man kann dagegen leicht eine intensive Thermoluminescenz erzeugen. Ich verwandte dazu das von der Firma Rousseau in Paris, Rue des Ecoles 42, hergestellte Radiumpräparat und die von ihr in den Handel gebrachte Anordnung. In eine Glasplatte von ca. 3 mm Dicke ist eine Höhlung von 8 mm Durchmesser eingeschliffen, in der das radiumhaltige Präparat sich befindet. Auf die Glasplatte ist ein Aluminiumblech gekittet. Die Substanz ist so vor der Luftfeuchtigkeit geschützt. Zu den Versuchen über Thermoluminescenz diente die feste Lösung von Mangansulfat in Calciumsulfat.[1] ($Ca\,SO_4 + x\,Mn\,SO_4$). Sie war in dünner Schicht nach vorherigem Erhitzen auf einem Aluminiumblech von 5—6 cm im Quadrat ausgebreitet; auf die Substanz wird ein etwas kleineres Glimmerblatt gelegt und die Ränder des Aluminiums um dasselbe umgebogen. Auf diese Vorrichtung wurde das Radiumpräparat einige Zeit (ein bis mehrere Stunden) gelegt. Dann wurde das Aluminiumblech mit dem $Cu\,SO_4 + x\,Mn\,SO_4$ auf ein vorher erhitztes Kupferblech gebracht. An der Stelle über der das Radium gelegen hatte, leuchtete hell ein grüner Kreis auf, der recht weit sichtbar war.

1) Über die Herstellung derselben vergl. E. Wiedemann und G. C. Schmidt. Wied. Ann. **54**, 615, 1895.

Die Radiumstrahlen erzeugen also eine Thermoluminescenzfähigkeit.

Die schwache Erregung der $Ca\,SO_4 + x\,Mn\,SO_4$ zur Phosphorescenz und die starke zur Thermoluminescenz durch Radiumstrahlen entspricht dem analogen Verhalten unter den Entladungsstrahlen[1]); sie weist darauf hin, dass erstere wie letztere weitgehende Umlagerungen in den luminescierenden Körpern hervorrufen.

Herr Dr. W. Arnold[2]), der bereits früher zahlreiche feste Lösungen auf ihre Fähigkeit untersucht hat, durch die verschiedensten Strahlungen zur Luminescenz erregt zu werden, beabsichtigt dies auch bei Radiumstrahlen zu thun und hofft bald darüber berichten zu können.

1) E. Wiedemann und G. C. Schmidt. Wied. Ann. **56**, 240 und 248, 1895.
2) Arnold, Wied. Ann. **61**, 313, 1897.

Erlangen, im Januar 1901.

(Eingegangen 17. Januar 1901.)

REFERATE.

Elektrotechnik.
Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

A. Turpain, Anwendung elektrischer Wellen zu einigen einfachen Problemen der Telegraphie. Journal de Physique. IX. 1900.

Zahlreiche Experimente, welche im Laufe der letzten Jahre mit der drahtlosen Telegraphie angestellt worden sind, haben die praktische Anwendbarkeit elektrischer Wellen gezeigt.

Wenn die drahtlose Telegraphie dazu geeignet ist, Mitteilungen auf kleinere Entfernungen ohne fortlaufenden Leitungsdraht zu übermitteln, so folgt damit noch nicht, dass die elektrischen Wellen nicht auch mit Erfolg bei der Telegraphie mit fortlaufender Leitung verwendet werden können. Im Gegenteil bietet ihre Anwendung gewisse Vorteile dar, um die in der Praxis auftretenden Probleme der gewöhnlichen Telegraphie zu lösen.

Wir wollen uns in dieser Mitteilung darauf beschränken, zu zeigen, wie die Anwendung elektrischer Wellen das Problem der Duplex-Telegraphie und das Problem der simultanen Telegraphie und Telephonie zu lösen gestattet.

Duplex-Telegraphie.

Das Problem der Duplex-Telegraphie besteht darin, auf einer Linie zwei Telegramme gleichzeitig in entgegengesetzten Richtungen zu senden. Ein einziger Draht verbindet die beiden Stationen A und B und es handelt sich darum, eine gleichzeitige Übertragung von A nach B und von B nach A zu erzielen.

Alle bisher vorgeschlagenen Methoden erfordern die Herstellung einer künstlichen Leitung, die in Widerstand und Kapazität der wahren Leitung gleich kommt.[1]) Die Herstellung dieser künstlichen Leitung ist sehr teuer, besonders wenn es sich um submarine Kabel handelt.

Ausserdem muss meist zur Übertragung von A nach B dasselbe System von Telegraphenapparaten zur Anwendung kommen, als bei der Übertragung von B nach A.

Die Lösung des Problems mittels elektrischer Wellen erübrigt die künstliche Leitung und gestattet die Anwendung verschiedener Apparatsysteme.

1) Vgl. z. B. Mercadiers Multiplex-Telegraphie **II**, 24—26, 1900, dieser Zeitschrift.

Ein Gleichstrom dient dazu, um die Übertragung von A nach B zu vermitteln; die elektrischen Wellen werden zur Übertragung von B nach A angewendet.

Ein in B angeordneter Oscillator kann mittels eines Morse-Tasters an die Leitung gelegt werden.

Die in B ankommenden Wellen erregen einen Schnitt-Resonator, in dessen Stromkreis sich eine Batterie nebst Empfangstelegraphenapparat befindet.

Man hat noch einige Vorkehrungen zu treffen, um ein gutes Funktionieren der Anordnung zu sichern.

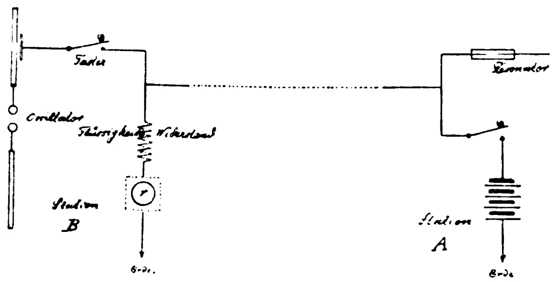


Fig. 1.

Wie Fig 1 zeigt, können die in B durch den Oscillator erzeugten Wellen auch durch den Empfangsapparat r dieser Station zur Erde fliessen. Ausser der Schwächung tritt auch die Gefahr einer Beschädigung der Isolation der Elektromagnete hinzu. Um dieses zu verhindern, genügt es, vor den Empfänger r eine schwach leitende Flüssigkeitssäule vorzuschalten und den Empfangsapparat mit einem mit Stanniol ausgekleideten Kasten zu umgeben.

Die auf eine Entfernung von 350 m angestellten Versuche gelangen vorzüglich. Auf beiden Stationen gelangten Morse-Apparate zur Anwendung.

Sollen zwei Telegramme von derselben Station nach einer anderen gleichzeitig gesandt werden, so genügt es, die beiden Übertragungsapparate in A, die beiden Empfangsapparate in B anzuordnen.

Simultane Telephonie und Telegraphie mittels elektrischer Wellen auf derselben Linie.

Es wurde versucht, auf einer Telephonlinie mittelst elektrischer Wellen zu telegraphieren. Man muss das Telephon derartig anordnen, dass es nicht durch die elektrischen Wellen beeinflusst wird, da sich sonst ein unangenehmes knisterndes Geräusch bemerkbar macht.

Der Telephonapparat befindet sich in einem mit Stanniol ausgekleideten Raum. Der Liniendraht geht durch die Wand hindurch und ist mit Telephon und Mikrophon verbunden.

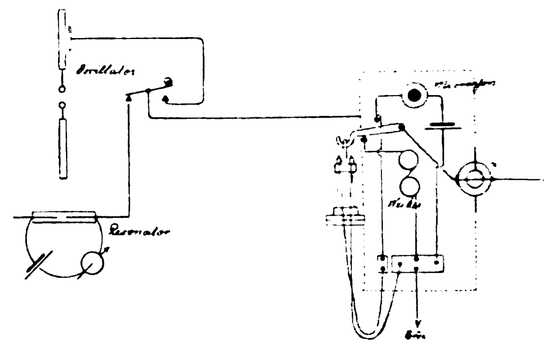


Fig. 2.

Durch eine evakuierte Glasröhre verlässt der Draht den den Telephonapparat umgebenden Schutzkasten und zwar senkrecht zur Ebene eines Metallringes, der sich in der Glasröhre befindet und den Draht umgiebt, ohne ihn zu berühren. Dieser Ring ist dann mit der Stanniolbekleidung leitend verbunden.

Durch diese Anordnung werden die elektrischen Wellen dem Empfangsapparate zugeführt, ohne das Telephon zu stören, während die Telephonströme ungestört dasselbe bethätigen können.

Fig. 2 zeigt die Anordnung.

a ist im Verhältnis bedeutend vergrössert.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 14. November 1900.)

Slabys Mehrfach-Funkentelegraphie.

Das Slaby-Arcosche System der Funkentelegraphie ist bereits eingehend an dieser Stelle[1] beschrieben worden. Neuerdings ist nun ein bedeutender Fortschritt zu verzeichnen, insofern es Herrn Professor Dr. A. Slaby unter hervorragender Mitarbeit des Grafen v. Arco gelungen ist, eine Abstimmung zwischen Sende- und Empfangsapparaten zu erzielen und so eine drahtlose Mehrfach-Telegraphie zu ermöglichen; gleichzeitig wird damit auch eine gegenseitige Störung beim gleichzeitigen Arbeiten mehrerer Stationen vermieden.

Zur Verstärkung der von der Gebestation ausgehenden elektrischen Wirkung wird zunächst bei der im 2. Jahrgange dieser Zeitschrift, No. 3, Seite 45, Fig. 1, dargestellten Anordnung am oberen Ende der durch Erdung des Sendedrahtes ausgebildeten Schleifenleitung eine Drosselspule S (Fig. 1) eingeschaltet, die zwar Ströme geringer Frequenz durchlässt, jedoch die bei der Funkenentladung auftretenden Hochfrequenzströme zurückhält, so dass im Momente der

1) II, No. 3 dieser Zeitschrift.

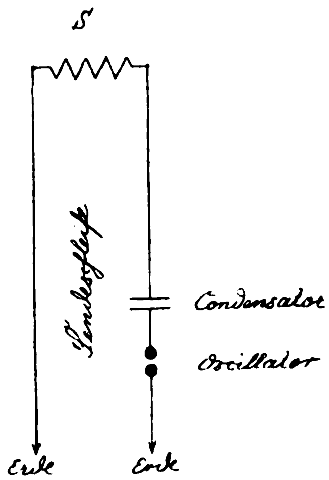


Fig. 1.

Entladung die Schleife nur wie ein einfacher vertikaler Sendedraht wirkt. Durch passende Wahl der Kapazität und Selbstinduktion des Sendedrahtsystems können elektrische Wellen bestimmter Wellenlänge erzeugt werden.

Das Abstimmen des Empfangsapparates beruht nun auf der an der Hand mechanischer Analoga anschaulichen Thatsache, dass im Falle die Länge des vertikalen, geerdeten Empfangsdrahtes genau ein Viertel der zur Anwendung kommenden Wellenlänge beträgt, die Erdungsstelle einem Knotenpunkt der elektrischen Spannungszustände entspricht; die grössten Schwankungen treten stets am oberen freien Ende des Empfangsdrahtes auf. Slaby erzeugt nun in einfacher Weise einen zweiten zugänglicheren Schwingungsbauch, indem er an die Erdungsstelle einen horizontalen selbstinduktionsfrei gewickelten Ansatzdraht anschliesst, dessen Länge ebenfalls eine viertel Wellenlänge beträgt. Mit diesem Anschlussdraht wird dann der Fritter verbunden.

Obgleich der als Fangdraht dienende Blitzableiter u. s. w. eine von der Wellenlänge unabhängige, durch die örtlichen Verhältnisse bedingte Länge besitzt, so kann man doch durch passende, an den Erdungspunkt angeschlossene Drahtverlängerungen stets die aktive Empfangsdrahtlänge vom oberen Ende bis zum Fritter so wählen, dass sie einer halben Wellenlänge entspricht. Die Apparate können auf diese Weise abgestimmt werden, da nur die Wellen, deren Wellenlänge doppelt so gross ist als die Länge des aktiven Empfangsdrahtes, den Fritter beeinflussen, während alle Wellen anderer Wellenlänge am Erdungspunkt abgeleitet werden, ohne auf den Fritter zu wirken. Zwischen den Anschlussdraht und den Fritter schaltet Slaby noch eine resonierende Induktionsspule, die die Sicherheit der Kohärerbeeinflussung bedeutend erhöht und die als Multiplikator bezeichnet wird.

An Stelle des einfachen vertikalen geerdeten Empfangsdrahtes kann auch bei der Empfangsstation eine gegen Erde isolierte Schleifenanordnung benutzt werden wie Fig. 2 zeigt.

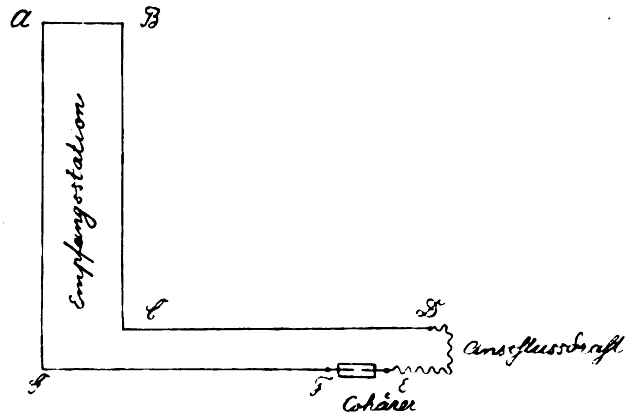


Fig. 2.

An den beiden Teilen *AGF* und *BCD* derselben bilden sich vollkommen gleichartige Schwingungen aus, so dass zwischen den Punkten *F* und *D* keine Spannungsdifferenz besteht. Dieselbe wird aber durch das Anschlussstück *DE*, das passend dimensioniert ist, hervorgerufen, so dass der Fritter zwischen *F* und *E* eingeschaltet werden kann. Die dem Fritter zugeführte Spannung ist dann etwa doppelt so gross, als bei der Schaltung desselben zwischen *F* und Erde. Die Anordnung hat ausserdem noch den Vorteil, dass die Erdung des Empfangsdrahtes umgangen wird, und die Einflüsse der atmosphärischen Elektrizität eliminiert sind.

Die Vorteile dieser Schaltung lassen sich auch in einfacherer Weise dadurch erreichen, dass man nur einen einfachen Empfangsdraht *BCD* anwendet und den Fritter zwischen die Punkte *D* und *E* schaltet.

Anlässlich eines am 22. Dezember 1900 im Sitzungssaale der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin gehaltenen Vortrages wurde ein Experiment ausgeführt, welches die praktische Lösung des Problems deutlich vor Augen führte.

Es befanden sich im Saale zwei Empfangsapparate, die unter Benutzung passender Anschlussdrähte mit dem geerdet gelassenen Blitzableiter am Schornstein der elektrischen Centrale am Schiffbauerdamm verbunden waren.

Die beiden Gebestationen befanden sich in dem 14 km entfernten Kabelwerk Oberschöneweide und der 4 km entfernten Technischen Hochschule zu Charlottenburg. Es gelangten Wellen von 140 und 600 m zur Anwendung.

Nach einem gegebenen Zeichen zum Beginn der Korrespondenz erfolgte ungestört voneinander die gleichzeitige Niederschrift der beiden Stationsnamen auf den Morsestreifen.

Ohne Zweifel werden durch diesen neuen Fortschritt, dessen Tragweite sich noch nicht absehen lässt, für die Anwendung der drahtlosen Telegraphie neue Bahnen eröffnet. E. R.

(Eingegangen 10. Januar 1901.)

Technische Mechanik.

Besorgt von Prof. E. Meyer.

C. v. Bach, Zur Frage der Proportionalität zwischen Dehnungen und Spannungen bei Sandstein;

M. Grübler, Ringspannungen und Zugfestigkeit;

M. Ensslin, Zur Frage der Spannungsverteilung in einem rotierenden Schleifstein. (Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1900, No. 35 und 46.)

Professor Grübler hat im verflossenen Jahre eine Anzahl von Schleifsteinen aus Sandstein (Kreis-Hohlcylinder) um eine vertikale Achse mit so lange zunehmender Winkelgeschwindigkeit rotieren lassen, bis infolge der durch die Centrifugalkraft hervorgerufenen Spannungen die Schleifsteine zertrümmert wurden. Aus einer von ihm aufgestellten Formel und den bei den Versuchen erzielten grössten Umdrehungsgeschwindigkeiten konnten dann die beim Bruche in den Schleifsteinen auftretenden grössten Zugspannungen, d. s. die Tangentialspannungen an der inneren Mantelfläche des Hohlcylinders, ausgerechnet werden. Es ergaben sich diese Spannungen ungefähr $2\frac{1}{2}$ mal so gross wie die bei gewöhnlichen Zugversuchen in der Zerreissmaschine für dasselbe Material erhaltene Bruchspannung. Dieses Ergebnis, das für die Grundanschauungen über die Festigkeit und den Spannungszustand beim Eintreten des Bruches von grosser Bedeutung wäre, hat lebhafte Erörterungen hervorgerufen. Grübler hatte bei der Berechnung der Spannungen auf Grund des Hookeschen Gesetzes Proportionalität zwischen Spannung und Dehnung vorausgesetzt. v. Bach wies darauf hin, dass diese Proportionalität keineswegs vorhanden und dass dieser Umstand jedenfalls auf die Grösse der aus der Grüblerschen Formel berechneten Bruchspannung von grossem Einfluss ist. Zunächst handelte es sich nun darum, Versuche über die Abhängigkeit der Dehnung von der Spannung bei dem für die Schleifsteine verwendeten Material zu machen. Solche Versuche haben sowohl v. Bach als Grübler ausgeführt.

Die Ergebnisse, die v. Bach nach der oben angegebenen Abhandlung erhalten hat, sind die folgenden:

1. Der Dehnungskoeffizient (reziproker Wert des Elastizitätsmodul) ist bei Sandstein so stark veränderlich, selbst nach vorhergegangener Belastung, dass auch nicht angenähert von Proportionalität zwischen Dehnung und Spannung die Rede sein kann. Er nimmt mit steigender Belastung zu (der Elastizitätsmodul nimmt mit steigender Belastung ab.)

2. Die Zeitdauer der Belastung ist von erheblichem Einfluss auf die Grösse der Dehnung, derart, dass diese zunimmt, je länger die Last wirkt.

3. War der Körper schon einer Zugbelastung ausgesetzt, so fallen bei späteren Zugversuchen die absoluten Werte der Dehnung und auch das Maass ihrer Veränderlichkeit geringer aus: die Dehnungslinie verläuft weniger geneigt gegen die Achse der Dehnungen, als wenn der Körper zum ersten Male einer Zugbelastung unterworfen wurde. Hieraus folgt z. B. für einen rotierenden dickwandigen Hohlcylinder, hergestellt aus dem untersuchten Sandstein, dass er bei erstmaliger Inbetriebsetzung unter allmählicher Steigerung der Geschwindigkeit bis zum Bruche eine höhere Umdrehungszahl verträgt, als bei einer zweiten Inbetriebnahme.

Nach v. Bach, der bei seinen Dehnungsversuchen die Belastung um je 4 kg/qcm in Zeiträumen von je 4 Minuten steigerte, betrug das Verhältnis des kleinsten zum grössten Elastizitätsmodul im äussersten Falle $M = 0{,}224$. Grübler, der sofort, nachdem der Waghebel der Festigkeitsmaschine bei einer bestimmten Belastung eingespielt hatte, die Belastung wieder steigerte, erhielt für dasselbe Material sogar $M = 0{,}049$, so dass der Elastizitätsmodul bei sehr kleiner Belastung 20mal grösser wäre als in der Nähe der Bruchbelastung.

Fasst man also den Zusammenhang zwischen der Dehnung ε und der Spannung σ statt durch das Hookesche Gesetz durch eine Gleichung zweiten Grades mit zwei Konstanten A und B

$$\sigma = \frac{\varepsilon}{A + B\varepsilon},$$

ist ferner r der Abstand eines Elementes des Schleifsteines von der Drehachse und v der Betrag, um den sich r bei der Dehnung des Materiales vergrössert, und wird schliesslich $Ar + Bv = u$ gesetzt, so erhält man nach Grübler unter Vernachlässigung der Querzusammenziehung eine Differentialgleichung von der Form

$$\frac{d^2u}{dr^2} + \left\{\frac{1}{u} + B\frac{\delta\omega^2}{A}r\right\}\left(\frac{du}{dr}\right)^2 - \frac{1}{r}\frac{du}{dr} = 0$$

zur Bestimmung der Spannungen (δ Dichte des Materials, ω Winkelgeschwindigkeit), die aber in geschlossener Form nicht integrabel ist.

Um nun doch den Einfluss der Veränderlichkeit des Elastizitätsmodul auf die Spannungsver-

teilung zu erkennen, sucht Grübler für die Spannungen obere und untere Grenzwerte zu bestimmen, innerhalb deren sie auf alle Fälle liegen müssen. Seine Rechnung kommt aber, wie Ensslin richtig bemerkt, lediglich darauf hinaus, dass er für die Tangentialspannungen im Schleifstein einen anderen, aber konstanten Elastizitätsmodul annimmt als für die Radialspannungen. Gerade der durch die Veränderlichkeit des Elastizitätsmoduls hervorgerufene Umstand kommt also bei der Grüblerschen Rechnung garnicht zum Ausdruck, dass die der inneren Mantelfläche zu gelegenen Fasern sich infolge der dort herrschenden grossen Spannungen stärker dehnen, als bei einem konstanten Elastizitätsmodul zu erwarten wäre, dass sie also der Belastung gewissermaassen ausweichen und dadurch die äusseren Fasern zur Aufnahme der Belastung mehr heranziehen. Nach der unzweifelhaft richtigen Anschauung von v. Bach ist aber hierdurch zu erwarten, dass die Tangentialspannungen an der inneren Mantelfläche und damit die grössten Spannungen kleiner, die Tangentialspannungen an der äusseren Mantelfläche grösser werden, als die Rechnung mit konstantem Elastizitätsmodul ergiebt. Wenn also Grübler bei seiner Berechnung fast dieselben Werte für die grösste Tangentialspannung bekommt, wie früher bei der Annahme des Hookeschen Gesetzes, so beweist dies für die Frage, wie die Veränderlichkeit des Elastizitätsmodul die Spannungsverteilung beeinflusst, nichts. Andererseits aber ist der Kritik, die Grübler an der von Ensslin versuchten Annäherungsrechnung geübt hat, beizustimmen. So ist also die Frage, wie die Spannungsverteilung im Schleifsteine durch die grosse Veränderlichkeit des Elastizitätsmodul geändert wird, ungelöst.

Immerhin aber lässt sich nach einer Bemerkung von Professor O. Mohr[1]) schon jetzt das Folgende erkennen: wären die Tangentialspannungen über den ganzen Meridianschnitt des Schleifsteines gleichmässig verteilt, so liesse sich der Betrag dieser Spannungen auch ohne Kenntnis der Werte für den Elastizitätsmodul leicht berechnen. Die grösste, an der Innenfläche des Schleifsteines wirklich auftretende Tangentialspannung ist dann auf alle Fälle grösser als dieser mittlere Betrag. Der Unterschied beider wird ferner um so kleiner, je kleiner der Unterschied zwischen dem inneren und äusseren Durchmesser des Schleifsteines im Verhältnis zum mittleren Durchmesser ist. Bei einem Schleifstein von 10 cm innerem und 26,8 cm äusserem Radius würde man aber nach den Grüblerschen Versuchen 36 kg/qcm mittlere Tangentialspannung erhalten, woraus dann also nach Mohr geschlossen werden kann, dass die grösste wirklich auftretende Tangentialspannung grösser als dieser Wert und wahrscheinlich etwa = 40 kg/qcm war. Diese Spannung ist aber noch ausserordentlich viel höher als die Bruchspannung von 22 kg/qcm, die Grübler für dasselbe Material auf Grund eines gewöhnlichen Zerreissversuches gefunden hat, und so bleibt also das grosse Interesse an den Grüblerschen Versuchen hinsichtlich der grundlegenden Frage, wie es kommt, dass die aus Zerreissversuchen ermittelte Zugfestigkeit so sehr von der bei den Schleifsteinen erhaltenen Zugfestigkeit abweicht.

1) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 1576.

E. Meyer.

(Eingegangen 23. Dezember 1900.)

BESPRECHUNGEN.

H. Hovestadt, Jenaer Glas und seine Verwendung in Wissenschaft und Technik. 429 S. mit 29 Abb. im Text. Jena, G. Fischer. 1900. Preis M. 9.—, gebunden M. 10.—.

Von dem Werke des Herrn H. Hovestadt in einem kürzeren Referate einen demselben einigermassen gerechtwerdenden Überblick zu geben, ist nicht leicht, da der Inhalt desselben eine grosse Fülle sowohl praktisch wichtiger Daten über die Herstellung von Glasarten giebt, als auch die chemischen und physikalischen Eigenschaften auf Grund der äusserst zahlreichen Spezialuntersuchungen in grosser Vollständigkeit aufzählt.

Nachdem der Verfasser einen kurzen Überblick über die historische Entwicklung der Glastechnik gegeben hat, der übrigens die beschämende Dürftigkeit der einschlägigen Bestrebungen zeigt — es kommen thatsächlich nur Fraunhofer und Harcourt, der in Verbindung mit Stokes arbeitete, in Betracht —, geht er dazu über, die den letzten Dezennien angehörenden Untersuchungen von Dr. Schott zu schildern. Einer Anregung Professor Abbes folgend, hatte der sowohl durch Tradition als auch durch eigne Studien mit der Glastechnik vertraute Gelehrte systematische Versuche über die glasbildenden Erden und Säuren und ihren Einfluss auf das optische Verhalten der so gewonnenen Glasflüsse angestellt. Das Resultat

war eine grössere Reihe von Gläsern, welche nach Brechungsvermögen, Dispersion und chemischem Verhalten eine sehr erhebliche Variation der bis dahin bekannten Eigenschaften der gebräuchlichen Glasarten herbeiführte. Schon Dr. Czapski hatte gezeigt[1]), dass die Dispersion nicht mehr in nahezu konstantem Verhältnis zum Brechungsexponenten stand, sondern dass durch geeignete Zusätze verschiedener Oxyde wichtige Veränderungen in dem Verhalten dieser beiden optischen Eigenschaften herbeigeführt worden waren. Diese Untersuchungen führt Verfasser weiter aus und giebt dazu eine vollständige Liste der bis zur Gegenwart durch die Schottschen Werke hergestellten Glasarten mit Angaben über deren optische Konstanten. Zu jeder Schmelzung giebt die Tabelle den Wert des Brechungsindex für die D-Linie (n_D), die mittlere Dispersion für die Strecke von $C - F = \Delta$; den Quotienten $\frac{n-1}{\Delta}$; und die sogenannten partiellen Dispersionen $A' - D$; $D - F$ und $F - G$ resp. δ_1, δ_2 und δ_3, sowie deren Verhältnis zu der mittleren Gesamtdispersion resp. α, β und γ, wodurch eine vollständige Charakteristik des betreffenden Glases erzielt wird.

An diese Tabelle, welche nicht weniger als 76 verschiedene Glasarten aufweist, schliesst sich die Behandlung der Achromasie der optischen Systeme an. Verfasser zeigt mit Hilfe einiger Diagramme, welche Vorteile bei der Beseitigung der sekundären und selbst tertiären Spektren kombinierter Objektivsysteme die neuen Glasarten und namentlich die Borat-, Phosphat- und Baryt-Gläser darbieten. Bis zu einem gewissen Grade können durch spezielle Zusätze den Gläsern sogar bestimmte vorher angegebene Eigenschaften bezüglich des Verhältnisses der Dispersion zum Brechungsexponenten gegeben werden. Die Untersuchungen von Rubens und Simon über das Verhalten des Spektrums sowohl im ultraroten als im ultravioletten Teile an 13 verschiedenen Flint- und Crowngläsern führt der Verfasser an, um zu zeigen, dass auch hier die wünschenswerten Variationen vorhanden sind; abgesehen davon, dass diese Untersuchungen für den Einfluss, welchen die verschiedenen glasbildenden Erden auf die optischen Eigenschaften der Gläser ausüben, von theoretischem Interesse sind. — Eine besondere Wichtigkeit kommt natürlich der verschiedenen sowohl generellen, als auch selektiven Absorption der Gläser zu. Dementsprechend behandelt der Verfasser die darauf bezüglichen Untersuchungen von Rubens, Müller und H. C. Vogel u. A. eingehend in den Artikeln 24—28, indem er auch die Bestimmungen von Pulfrich und Ried anführt, die diese über das Verhalten der Absorption bei hohen Temperaturen ausgeführt haben.

Daran anschliessend behandelt Verfasser die Erscheinungen der Doppelbrechung, wie sie in schlecht gekühlten Gläsern aufzutreten pflegen. Den oft sehr beträchtlichen Spannungsdifferenzen nach verschiedenen Richtungen wurde man im Laufe der Arbeiten in den Schottschen Werken durch immer mehr verbesserte Kühlmethoden Herr. Höchst empfindliche Prüfungsmethoden garantieren heute die Güte der optischen Gläser; andererseits hat aber auch die Theorie manchen Vorteil aus den Untersuchungen an verschieden behandelten Glasspiegeln gezogen, wie das die Arbeiten von Schmidt gezeigt haben.

Nach diesem II., den eigentlichen physikalischen Eigenschaften der Gläser gewidmeten Kapitel, geht Verfasser zur Besprechung der aus den entsprechenden Glasarten hergestellten optischen Instrumente über. Im III. Kapitel wird das Mikroskop, im IV. und V. Kapitel das photographische Objektiv und im VI. Kapitel das Fernrohr behandelt. Soviel Interessantes auch diese Kapitel namentlich bezüglich der neuen geometrischen Betrachtungsweise darbieten, so muss an dieser Stelle doch von einem näheren Eingehen darauf abgesehen werden. Das VII. Kapitel behandelt die rein mechanischen Eigenschaften der verschiedenen Gläser und ihre danach in der eigentlichen Glastechnik geregelte Verwendung. Es werden hier u. a. die Festigkeit, die Elastizität, die Härte, das Wärmeleitungsvermögen des Glases eingehend erörtert, und Verfasser bringt dabei überall das authentische Originalmaterial soweit möglich bei. An die Behandlung des Ausdehnungskoeffizienten schliessen sich die Untersuchungen über die beste Zusammensetzung der Gläser für die Zwecke der Thermometrie und der Herstellung von möglichst widerstandsfähigem Geräteglas. Auch hier muss ich mich mit der Aufzählung der wichtigsten Paragraphen begnügen, so verlockend es ist, dem Verfasser in die Einzelheiten zu folgen. — Das IX. Kapitel ist speziell den Nachwirkungserscheinungen, wie sie in der Thermometrie von so grosser Wichtigkeit sind, gewidmet und Verfasser behandelt diesen Gegenstand in einer Ausführlichkeit, welche allen Anforderungen genügen dürfte, besonders sind die Eigenschaften der beiden Thermometergläser 59^{III} und 63^{III} besprochen, für welche mehrfache tabellarische Zusammenstellungen Auskunft über die Reduktionsformeln und thermischen Konstanten geben. Das Übergewicht der Schottschen Gläser gegenüber den früher verwendeten Thüringer Thermometergläsern tritt überall evident hervor, eine grössere Anzahl von Parallelver-

1) Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1866, S. 293 ff.

gleichungen geben diesen Vorteilen einen numerischen Ausdruck. — Die chemischen Eigenschaften der neueren Gläser werden sodann im X. Kapitel behandelt. Besonders ist es hier das Verhalten der Gläser gegen alkalische und Äther-Einwirkungen (Libellen), welches von grosser praktischer Bedeutung in der Glastechnik ist, sowie der Einfluss der sogen. Atmosphärilien. Im XI. Kapitel bringt Verfasser die Untersuchungen bei, welche das Verhalten der verschiedenen Glasarten gegenüber den Röntgenstrahlen charakterisieren und ausserdem werden die weiteren elektrischen und magnetischen Eigenschaften älterer und neuerer Gläser angeführt. Von besonderem Interesse dürfte dabei das Verhalten solcher Gläser sein, welche für die Röntgenstrahlen die grösste Durchlässigkeit besitzen. In der That hatte Schott dahingehende Versuche gemacht und gefunden, dass sich dazu ein Glas am besten eignen würde, dessen Zusammensetzung die folgende ist:

$Si\,O_2$	$B_2\,O_3$	$Al_2\,O_3$	$As_2\,O_5$	$Na_2\,O$
39.6%	30%	20%	0.4%	10%

Jedoch erwies sich das Übergewicht dieser Zusammensetzung nicht so gross, dass es sich lohnte, die Schmelzung in den Grossbetrieb einzuführen, und es ist daher das beste für Röntgenröhren sich eignende Glas des Handels, das Gehlberger Glas von Gundelach, welches auch bei der Einschmelzung der Platindrähte, falls diese nur gut poliert und ganz gerade sind, keine Schwierigkeiten entstehen lässt. Mit der Anführung der neueren Beobachtungen über die Elektrizitätskonstanten und der elektrischen Dispersion schliesst das an beigebrachten Materialien und Litteraturnachweisen ausserordentlich reiche Buch. Der Physiker und Chemiker wird dasselbe stets als trefflichen Ratgeber bei der Ausführung von Glasapparaten jeder Art zur Hand nehmen. L. Ambronn.

(Eingegangen 7. Dezember 1900.)

H. Moissan, Das Fluor und seine Verbindungen. Autoris. deutsche Ausgabe von Th. Zettel. 356 Seiten mit 21 Abbildg. Berlin, M. Krayn. 1900. Preis 12 M.

Obwohl der Inhalt des vorliegenden Werkes wesentlich chemisches Interesse besitzt und auch die einschlägigen physikalisch-chemischen Fragen fast völlig unberührt geblieben sind, hat eine Monographie des Fluors doch Anspruch auf allgemeineres Interesse, da es zweifellos eines der interessantesten Elemente ist. Die Darstellung von der Hand des grossen Experimentators Moissan, der als erster und vielleicht bisher einziger das Fluor von seinen abnorm kräftigen chemischen Fesseln zu befreien und in den elementaren Zustand zu zwingen verstand, giebt einen lebendigen Einblick in die experimentellen Schwierigkeiten, die bei der Behandlung dieses Stoffes zu besiegen waren. Das Buch enthält ausser den vielen neuen Ergebnissen des Verfassers auch die früher bekannten Thatsachen und ein vollständiges Litteraturverzeichnis der einschlägigen Arbeiten. Aus dem reichen Inhalt sei als von besonderem Interesse nur hervorgehoben, dass das reine Fluor, im Gegensatz zum Fluorwasserstoff, im vollkommen trockenen Zustande Glas nicht angreift und über Quecksilber aufzubewahren möglich ist, da dieses durch eine dünne Schicht momentan entstehenden Fluorids geschützt wird. Auch Kupfer widersteht aus ähnlichem Grunde der Einwirkung des Fluors. Ebenso interessant ist das chemische und physikalische Verhalten des Fluors bei extremen Kältegraden und vieles andere, betreffs dessen auf das Original verwiesen werden muss. R. A.

(Eingegangen 12. Dezember 1900.)

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie herausgegeben von Rich. Meyer. IX. Jahrgang, 1899, XII u. 513 Seiten. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1900. Preis Mk. 14.—.

Von Interesse für unsere Leser sind namentlich die ersten 32 Seiten, welche die Fortschritte der physikalischen Chemie, von der Hand F. W. Küsters dargestellt, enthalten. Es ist aus der Fülle der Arbeiten mit Geschick das Wichtigste so aufgeführt, dass man auch ohne ein Zurückgreifen auf die Originalarbeiten ein zutreffendes Bild des Inhalts erhält. R. A.

(Eingegangen 11. Dezember 1900.)

Briefe über tierische Elektrizität von Alessandro Volta (1792). Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften No. 114. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1900. Preis gebunden M. 2.50.

Mit dem vorliegenden Bändchen beginnt die Herausgabe der klassischen Untersuchungen Alessandro Voltas, welche, zunächst eng an die Entdeckungen Galvanis anschliessend, sich stetig weiter von der mehr physiologischen Seite des Problems entfernen und schliesslich zu seiner Theorie der Kontaktelektrizität führten. Die Abhandlungen Voltas sind von ihm nur in Briefen an Fachgenossen niedergelegt worden und so ist es denn eine Reihe von solchen aus den Jahren 1792—1795, die uns hier ge-

boten wird; ausserdem enthält das Bändchen noch die Promotionsrede Voltas, die derselbe am 5. Mai 1792 in Pavia gehalten hat. Die Lektüre der mit grosser Lebendigkeit geschriebenen Untersuchungen giebt ein deutliches Bild des allmählichen Fortschreitens gegenüber dem starren Festhalten Galvanis an seinen ursprünglichen Anschauungen. Aber nicht nur für die Geschichte der Elektrizitätslehre ist das Studium dieser Briefe von hohem Interesse, sondern auch vom allgemein physikalischen Standpunkte bieten dieselbe eine Fülle von Anregung und Belehrung. Deutlich hebt Volta die Notwendigkeit messender Untersuchungen hervor, indem er sagt: „Was lässt sich Gutes, besonders in der Physik, hervorbringen, wenn nicht alles auf Maass und Grade berechnet ist? Wie lassen sich die Ursachen abwägen, wenn weder die Stärke, noch die Menge und der innere Gehalt der Wirkungen bestimmt ist?“ Von ganz besonderem Reiz sind auch seine Anschauungen über den Zusammenhang von Licht und Elektrizität, die uns Volta als einen weit ausblickenden Forscher zeigen. Auch sonst finden sich zahlreiche interessante Beobachtungen, deren Erklärung erst viel späteren Zeiten vorbehalten war; so betreffend die Passivität des Eisens und dergl. Es dürfte wohl niemand dies Bändchen aus der Hand legen, ohne mit Genuss an die Lektüre dieser mit so grosser Frische und Freudigkeit geschriebenen Abhandlungen zurückzudenken. Emil Bose.

(Eingegangen 12. Dezember 1900.)

Die Bedeutung der physikalischen Chemie für den Schulunterricht von Dr. Max Rudolphi. Habilitationsvortrag in Darmstadt. 20 Seiten. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht 1900. Preis 60 Pf.

In zutreffender Weise wird das Verhältnis der physikalischen Chemie zur Chemie und die Belebung der gesamten Naturwissenschaft durch erstere erörtert, und es wird daraufhin mit Recht betont, wie wünschenswert und zeitgemäss es sei, die Vorschriften der Prüfungsordnung für Oberlehrer so umzugestalten, dass die physikalische Chemie wenigstens fakultativ als vollwertiges Prüfungsfach in das Lehrerexamen aufgenommen werde. Man kann nur wünschen, dass ein solcher Vorschlag an massgebender Stelle Beachtung finde, und die Ausführungen des lesenswerten Schriftchens sind wohl dazu geeignet zu zeigen, dass solche Beachtung verdient wäre. R. A.

(Eingegangen 24. Dezember 1900.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1899. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 55. Jahrgang. gr. 8. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn.
Zweite Abteilung, enthaltend Physik des Athers. redigiert von R. Börnstein und K. Scheel. LIII u. 935 S. Mk. 34.—
Dritte Abteilung, enthaltend Kosmische Physik, redigiert von R. Assmann. XLIV u. 544 S. Mk. 20.—

Hagenbach, E., Der elektromagnetische Rotationsversuch und die unipolare Induktion. Programm zur Rektoratsfeier der Universität Basel. 4. 38 S. Basel, C. F. Lendorff, Akademische Buchhandlung. Mk. 2.—

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. 8. Leipzig, Wilhelm Engelmann. 1900.
No. 118. Alessandro Volta, Untersuchungen über den Galvanismus (1796 bis 1800). Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. 99 S. mit 1 Tafel. Gebdn. Mk. 1.60.

Rudolphi, M., Die Bedeutung der physikalischen Chemie für den Schulunterricht. Vortrag, gehalten am 26. Oktober 1900 zur Erlangung der venia legendi für Physik und physikalische Chemie an der Grosherzoglichen Technischen Hochschule zu Darmstadt. 20 S. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht. 1900. Mk. —.60.
— Einführung in das physikalische Praktikum. Mit 43 in den Text gedruckten Figuren. IV u. 136 S. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht. 1900. Gebunden Mk. 3.20.

Siemens & Halske, Aktiengesellschaft, Elektrische Centralanlagen. Fol. 2 Teile. IV u. 354 S. mit Abbildungen. Berlin 1900. Gebunden. (Im Buchhandel zu beziehen durch Julius Springer in Berlin, zum Preise von 10 Mk.)

Weinstein, B., Thermodynamik und Kinetik der Körper. gr. 8. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn.
Erster Band. Allgemeine Thermodynamik und Kinetik und Theorie der idealen und wirklichen Gase und Dämpfe. XVIII u. 484 S. Mit eingedruckten Abbildungen. M. 12.—.

Tagesereignisse.

Die diesjährige Preisverteilung der Pariser Akademie der Wissenschaften ist, wie üblich, in der letzten Sitzung des alten Jahres vorgenommen worden. Der grosse Preis für Mathematik von 3000 Fr. kam an Professor Mathias Lerch in Freiburg (Schweiz); der Lalande-Preis an den Astronomen Giacobini in Nizza für seine wichtigen Kometenentdeckungen; der Damoiseau-Preis von 1500 Fr. an Professor von Hepperger in Graz für die unendlich mühevolle Arbeit über die Bahn des Bielaschen Kometen; der Janssen-Preis (goldene Medaille) an den amerikanischen Astronomen Barnard für seine Entdeckung des fünften Jupitermondes; der Gegnerpreis von 4000 Franken an Frau Curie.

Der Münchener Technischen Hochschule ist das Recht gegeben, den Titel „Doktor der technischen Wissenschaften“ zu verleihen und die Diplomführung zur Berechtigung des Titels „Diplomingenieur“ vorzunehmen. Die Doktoranden aus den Abteilungen der Ingenieurwissenschaften, der Bautechnik und der Chemie erhalten das Recht, als Doktor der technischen Wissenschaften auch den Titel „Dr. Ing.“ zu führen. Zum ersten Ehren-Doktor wurde Prinz Ludwig von Bayern ernannt.

Personalien.

In Paris starb der Mathematiker Professor Charles Hermite, Mitglied der Akademie.

Der durch seine astronomischen Studien bekannt gewordene Lektor der Mathematik und Physik in Helsingfors, Dr. R. F. Rancken, ist in Uleaborg gestorben.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 19. 9. Februar 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Untersuchung der Ferngewitter mittelst des Elektroradiophons.[1])

Von Thomas Tommasina.

Eine Anwendung der Selbstentfrittung der Kohle,[2]) welche vielleicht einige Bedeutung gewinnen dürfte, ist das Studium der Ferngewitter mittelst des Elektroradiophons. So denke ich einen Apparat nennen zu können, der die Eigenschaft hat, die durch ferne oder nahe elektrische Entladungen hervorgebrachte Strahlung anzuzeigen, indem er sie in Töne verwandelt.

Mehrere Physiker haben Anordnungen zur automatischen Aufzeichnung atmosphärischer Entladungen angegeben, welche auf die radiokonduktiven Eigenschaften der Feillichtröhren begründet sind. Man hat so Apparate konstruiert, ähnlich den registrierenden Barometern, welche man Elektroradiographen nennen könnte. Dieselben schreiben in sehr regelmässiger Weise die atmosphärischen Entladungen auf, die sich in einem Gebiete von über 100 km Radius abspielen.

Professor Boggio Lera[3]) von Catania hat mit Hilfe einer Reihe von Relais verschiedener Empfindlichkeit, die nacheinander ansprachen, je nach der von dem Kohärer erlangten Empfindlichkeit, seinen Apparat kleinere oder grössere Linien ziehen lassen, entsprechend der Stärke der fernen atmosphärischen Entladungen.

Während der Monate September und Oktober habe ich in Intra (Lago Maggiore, Italien) eine Anzahl von Beobachtungen gemacht durch Auskultation mit Hilfe des Elektroradiophons; Beobachtungen, welche mir den Nutzen der neuen Methode gezeigt haben.

1) Ausführlich in C. R., 26. Novbr. 1900.
2) Diese Ztschr. 1, 341, 1900.
3) Atti dell' Acc. Gioenia di Sc. Nat. di Catania. Vol. XIII, Serie 4a. 20 janvier 1900.

Dieser Apparat wird von einem selbstentfrittenden Kohlenkohärer, der in den Stromkreis des Elektromagneten eines gewöhnlichen telephonischen Empfängers eingeschaltet ist, und einem Trockenelemente gebildet. Der Kohärer, welcher eine Vervollkommnung des in der erwähnten früheren Mitteilung beschriebenen ist, enthält keinen metallischen Kontakt mehr. Die Elektroden sind zwei Cylinder von Bogenlampenkohle, von 4 mm Durchmesser, mit leichter Reibung in eine Glasröhre eingepasst; zwischen ihnen befinden sich kleine Körner, die man aus einem Stückchen derselben Kohle durch Zerstossen gewonnen, von ihrem Staube befreit und, ebenso wie die Elektroden, durch Glühen in einer Flamme vollständig getrocknet hat. An jede der Elektroden ist ein Platindraht befestigt, der es erlaubt, so bald einmal die maximale Empfindlichkeit des Kohärers eingestellt ist, durch Verschmelzen die Enden der Glasröhre zu schliessen, während nur die beiden Platindrahtenden nach aussen gelangen. Für Kohlenkörner von 0,2—0,3 mm Durchmesser wird der Raum zwischen den zwei Elektroden 1 mm breit und nur zur Hälfte angefüllt sein dürfen.

Der Kohärer ist vertikal in der Röhre des Telephonhörers befestigt und in den Stromkreis seines Elektromagneten eingeschaltet, so dass der Kohärer horizontal liegt und die Körner einen gleichmässigen Druck auf beide Elektroden ausüben, sobald man das Telephon an das Ohr hält. Wegen der grossen Porosität der Kohle musste ich dieselbe hermetisch in das Glas einschliessen, um die Unveränderlichkeit des elektrostatischen Feldes des Kohärers zu erreichen, welcher vor jeder Spur von Feuchtigkeit beschützt sein muss.

Bei meinen Experimenten erkannte ich, dass das Elektroradiophon zwischen jedem Zeichen des Elektroradiographen eine Anzahl von bestimmten Geräuschen hören lässt, welche die Täuschung erwecken, als sei man in die Nähe des Gewitters

gerückt, so dass man direkt alle seine Phasen hören kann.

Da mein Laboratorium nur 6 m über dem Erdboden lag, so hatte ich als Empfänger drei Kupferdrähte angebracht, welche durch einen Spalt einer Fensterscheibe austraten, sich fächerförmig ausbreiteten und auf eine Terrasse mündeten, die zwar bedeckt, aber nach allen Seiten hin offen war.

Die äusseren Enden der drei Metalldrähte, die in Kautschukröhren ausliefen, waren im Innern und in der Höhe an Isolatoren aus paraffiniertem Glase befestigt, derart, dass sie auf den letzten 4 m niemals vom Regen benetzt werden konnten. Die Isolatoren befanden sich 12 m über dem Erdboden und waren 2 m voneinander entfernt; die Drähte waren jeder 30 m lang. Im Laboratorium war die Erdung mit Hilfe der Wasserleitung gemacht.

Um jede Gefahr für die Beobachter und die Apparate zu vermeiden, wurden, wenn das Gewitter allzunahe kam, die Verbindungen der Apparate mit der Erde und mit den Luftdrähten entfernt, die dann an zwei Enden isoliert blieben.

Ein telephonischer Empfänger in meinem Arbeitszimmer und ein anderer in meinem Schlafzimmer mit Rufglocke, gestatteten mir, tags und nachts zu beobachten, und ich würde den Gang eines Ferngewitters haben voraussagen können, ohne mir irgendwelche Mühe zu machen.

Ich habe keine vertikalen Auffangedrähte gewählt wegen der sehr viel grösseren Vorsichtsmassregeln, welche sie zur Vermeidung jeder Gefahr erforderlich gemacht hätten.

Mit dieser einfachen, wenig kostspieligen und durchaus zuverlässigen Anordnung konnte ich Ferngewitter selbst an wolkenlosen Tagen hören und studieren, auch wenn noch keine Spur davon am Himmel sichtbar war.

Am 29. September war das Wetter bis Mittag sehr schön, aber das Elektroradiophon zeigte seit morgens durch sehr verschiedene Geräusche und sehr deutliche Störungen Entladungen an, die sich sicherlich in sehr grosser Entfernung abspielten. Gegen 2 Uhr liess sich das Läutewerk hören, und in dem Telephon hörte ich immer energischer werdende Geräusche. Es waren solche darunter, welche gewissen fernen Donnerschlägen glichen, das waren die zahlreichen, näheren Entladungen der Elektrizität. Von jetzt ab gab das Läutewerk Signale in kürzeren Pausen und um $3\frac{1}{2}$ Uhr musste ich dasselbe ausser Thätigkeit setzen, es hörte nicht mehr auf zu läuten. Die Blitze wurden sichtbar, grosse Wolken fingen an, sich fast überall zu bilden, Donner war noch nicht zu hören, aber die immer stärkeren Geräusche im Telephon änderten sich plötzlich, und ich hörte etwas wie ein sehr dumpfes, gleichmässiges und fortgesetzes Prasseln, einige Augenblicke später begann der Regen und gleichzeitig liess sich der erste sehr heftige Donnerschlag vernehmen. Ich hatte kaum die Verbindungen entfernt, als ein Unwetter von einer unerhörten Gewalt losbrach, Wasserhosen fegten die Strassen, die Blitze folgten sich ohne Unterlass und der Strahl schlug in mehrere benachbarte Stellen ein. Später konnte ich noch mit meinem Apparate die sehr fernen Entladungen bis zu ihrem vollständigen Verschwinden hören.

Wenn sich das Wetter änderte, ohne dass ein Gewitter eintrat, hörte ich immer das charakteristische Geräusch, das ich eben erwähnt habe, eine Thatsache, die ich selbst 12 Stunden vor dem Fallen des Regens konstatiert habe. Das Elektroradiophon würde wegen seiner grossen Empfindlichkeit und des Fehlens jeder Regulierung sicherlich der Schiffahrt Dienste leisten können, nicht nur, um die Gewitter zu entdecken und ihren Lauf verfolgen zu können, sondern auch, um die radiotelegraphischen Zeichen von denjenigen zu unterscheiden, die von atmosphärischen Entladungen herrühren, beispielsweise unter Verwendung der selektiven oder Monotelephone des Herrn Mercadier.[1])

1) Vgl. diese Zeitschr. **2**, 24, 1900.

(Eingegangen 14. Dezbr. 1900.)

(Aus dem Französischen übersetzt von Hermann Th. Simon.)

Die Anwendung des Interferometers beim Studium des Zeemaneffektes.

Von J. C. Shedd.

In einer vor kurzem in dieser Zeitschrift[1]) erschienenen Abhandlung wurde die Interferometermethode mit der spektrographischen verglichen. In der vorliegenden Arbeit soll die erstere etwas eingehender, und besonders ihre Anwendung zur Beobachtung des Zeeman-Phänomens besprochen werden.

Figur I giebt das Instrument in seiner gewöhnlichen Form.

M_1, M_2 sind zwei stark versilberte Spiegel, deren Versilberung gegenüber A liegt.

A ist eine halbversilberte Platte, Versilberung gegenüber M_2.

C ist eine Platte von derselben Dicke wie A und parallel A.

D ist eine Lichtquelle, welche sich im Hauptbrennpunkt der Linse L befindet.

Der Spiegel M_1 befindet sich auf einem Wagen, dessen Bewegung durch die Schraube S reguliert wird. Der durch die Linse L parallel ge-

1) Diese Zeitschr. 1, 270, 1900; siehe auch Phys. Rev. Juli-August 1899.

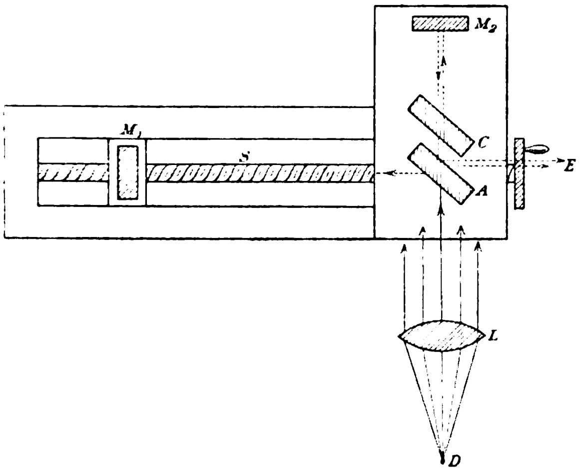


Fig. 1.

machte Lichtstrahl fällt auf A unter einem Winkel von 45^0 und wird teils reflektiert, teils hindurch gelassen. Bei M_1 und M_2 findet normale Reflexion statt und der Strahl fällt wieder auf die Platte A, wo er wiederum teils reflektiert, teils hindurchgelassen wird. In das Auge bei E gelangen somit zwei Strahlen, welche verschiedene Wege zurückgelegt haben und daher einen Phasenunterschied aufweisen. Die Theorie der so entstehenden Interferenzerscheinung ist von Professor Michelson[1]) und dem Verfasser[2]) entwickelt worden.

Die Bedingung, dass Interferenz stattfindet, wird durch folgende Gleichung bestimmt:

$$(1) \qquad \Delta = 2 \frac{t_0 + P\, tg\, i\, tg\, \varphi}{\sqrt{1 + tg^2 i + tg^2 \theta}},$$

wo

$\Delta \equiv$ Differenz der Wege der zwei Strahlen.

$P \equiv$ Entfernung der Interferenzerscheinung von M_2.

$\varphi \equiv$ der Winkel, welchen die Spiegel M_1, M_2 miteinander bilden (physikalisch ist dies der Winkel, um den sie von 90^0 abweichen).

$\left.\begin{matrix} i \\ \theta \end{matrix}\right\} \equiv$ Einfallswinkel der Interferenzstrahlen bei P gemessen in senkrecht zueinander stehenden Ebenen; die Ebene von i ist parallel der von φ.

$2t_0 \equiv$ senkrechte Entfernung zwischen den Spiegeln M_1, M_2 auf dem optischen Wege.

Die Interferenzstreifen sind am deutlichsten, wenn $\frac{\partial \Delta}{\partial \theta} = 0$ und $\frac{\partial \Delta}{\partial i} = 0$. Hieraus folgt für den grössten Wert von P

$$(2) \qquad P = \frac{t_0}{tg\, \varphi}\, tg\, i.$$

1) Phil. Mag. **13**, 1882.
2) Phys. Rev. Nov. 1900.

Aus Gleichung (2) lässt sich die Lage der grössten Schärfe berechnen. Die Kurven, welche der Gleichung (1) entsprechen, sollen in einer späteren Abhandlung besprochen werden.

Beim praktischen Gebrauch des Instruments sind folgende Werte von P von besonderem Interesse, nämlich

A) $\varphi = 0$, $P = \infty$

B) und Δ oder $t_0 = 0$, $P = 0$.

Bei (A) sind die Fransen im Unendlichen liegende Kreise und bei (B) gerade Linien auf M_2; der Fokus des Auges muss selbstverständlich entsprechend diesen beiden Fällen verändert werden. Als Kennzeichen für A hat man die Bedingung, dass die Fransen keine Parallaxe bei einer beliebigen Bewegung des Auges zeigen dürfen.

Der Nullpunkt des Instruments, wo $\Delta = 0$ ist, ist bei Anwendung von weissem Licht durch eine schwarze Bande in der Mitte charakterisiert, welche zu beiden Seiten von schönen chromatischen Fransen begleitet ist. Die Bande in der Mitte ist schwarz anstatt weiss, was davon herrührt, dass der eine Strahl bei A innen, der andere aussen reflektiert wird, was eine Phasendifferenz von $^1/_2 \lambda$ hervorruft.

Dieser Zustand der Phasendifferenz ist jedoch nur dann ganz verwirklicht, wenn die Platte C von derselben Dicke, wie Platte A und genau parallel A ist. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, so entsteht „Chromatismus", eine Erscheinung, welche von Cornu[1]) und Michelson eingehend besprochen worden ist.

Nachdem man auf die Nulllage eingestellt und dadurch Fransen erhalten hat, kann man die letzteren durch Drehen von M_1 in einer beliebigen Richtung zum Verschwinden bringen. Dies rührt nicht von einer Übereinanderlagerung her. Wird Licht von einer Farbe angewandt — d. h. ist die Lichtquelle eine unendlich schmale Spektrallinie — so bleiben die Fransen offenbar für jeden Wert von t_0 oder Δ bestehen. In diesem Fall hören sie aber schliesslich auf, sichtbar zu sein, da sie um so schmäler werden, je mehr Δ zunimmt.

Wird eine Kurve mit der Intensität der Fransen als Ordinate und den Werten von Δ als Abscissen gezeichnet, so müsste sie asymptotisch mit der letzteren verlaufen. Offenbar würde, wenn die Lichtquelle von bestimmter Breite wäre, die Superposition die Fransen auslöschen, und der Wert von Δ, bei dem dies stattfindet, würde von der Breite der Lichtquelle abhängen. Wird dagegen anstatt einer Lichtquelle eine doppelte benutzt, so wird die „Sichtbarkeitskurve" total verändert. Es ergiebt sich dies sofort, wenn man bedenkt, dass das resultierende System der Fransen von der gleichzeitigen Gegenwart der zusammengehörigen

1) Cornu, C. R. **93**, 1881.

Systeme herrührt, von denen das eine in der einen Phase ein Maximum der Helligkeit, das andere ein Minimum hervorruft, oder umgekehrt. Die „Sichtbarkeitskurve“ wird daher periodisch steigen und fallen entsprechend den Werten von Δ, wo die beiden Systeme in derselben oder der entgegengesetzten Phase sich befinden. Die aufeinander folgenden Maxima werden immer weniger intensiv sein und schliesslich fällt die Kurve auf Null. Die Entfernung zwischen Maximum und Minimum hängt schliesslich von der Differenz der Wellenlänge zwischen den Komponenten der doppelten Lichtquelle ab.

Der allgemeinste Fall ergiebt sich, wenn eine vielfache Lichtquelle mit Komponenten von verschiedener Intensität betrachtet wird: Professor Michelson hat viele hierhin gehörige Aufgaben in eleganter Weise gelöst und an nahe bei einander liegenden Gruppen von Spektrallinien geprüft.[1]) Die Analyse der Sichtbarkeitskurven, welche mit komplexen Lichtquellen erhalten werden, ist äusserst schwierig. Deswegen hat Professor Michelson einen mechanischen harmonischen Analysator ersonnen, welcher die Arbeit sehr erleichtert.

Beim Zeeman-Phänomen vereinfacht die Annahme der Symmetrie in dem magnetisierten System der Linien das Problem. Aber selbst dann ist die vollständige Lösung ohne den mechanischen Analysator kaum ausführbar.

Man könnte wohl glauben, dass ein Beobachter mit dem Interferometer allein nur wenig zum Studium der Spektralanalyse oder des modifizierten Systems der Linien, wie beim Zeeman-Effekt, beitragen kann. Dass diese Vermutung nicht richtig ist, soll jetzt nachgewiesen werden.

I. Zunächst kann schon viel aus der Änderung in der Sichtbarkeitskurve geschlossen werden. So zeigt in Fig. 2 die Kurve A die Sichtbarkeits-

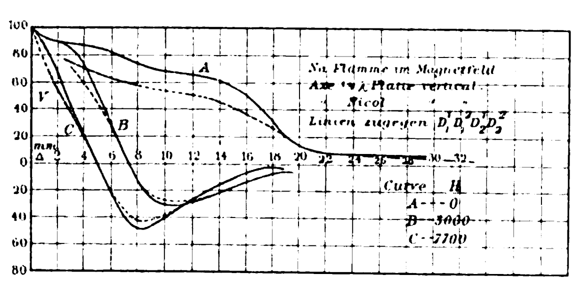


Fig. 2.

kurve der unmagnetisierten Linien. Kurve B und C sind die Kurven mit Feldstärken von 3000 bezw. 7700 C. G. S.-Einheiten. Die folgenden Schlüsse können daraus gezogen werden. 1. Die Thatsache, dass die Sichtbarkeitskurve schneller in B und C als in A fällt, zeigt, dass die Spektrallinie durch das magnetische Feld verbreitert worden ist. 2. Die Thatsache, dass die Sichtbarkeit wieder steigt (in der Kurve zeigt sich dies durch die negativen Ordinaten), beweist, dass mindestens zwei Leuchtcentren vorhanden sind, und dass die Linie daher mindestens eine Dublette ist. Ist dies so ausgeprägt, wie in C, so ist die Trennung so weit vorgeschritten, dass die Komponenten isoliert sind.

II. kann die Breite der gleichwertigen einfachen Lichtquelle bestimmt werden. Hiermit ist die einfache Lichtquelle gemeint, welche eine Sichtbarkeitskurve geben würde, die die Umhüllende der gegebenen Kurve sein würde. Die Gleichung dieser gleichwertigen einfachen Kurve ist

$$V = 2 \frac{\Delta^2}{\Delta_1^2}, \qquad (3)$$

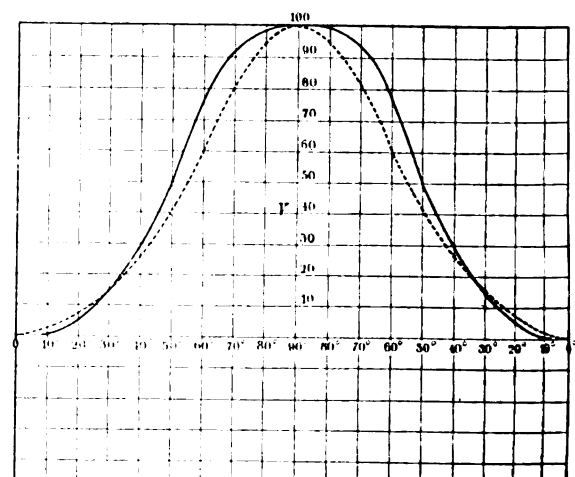
wo Δ_1 der Wert von Δ für $V = \frac{1}{2}$ ist. Die halbe Breite der Lichtquelle ist

$$\delta = \frac{22\,\lambda^2}{\Delta_1} \times 10^{-7}. \qquad (4)$$

Tabelle II (siehe weiter unten) giebt die Werte von δ für die Kurven von Fig. 2.

Hier muss eine Fehlerquelle und die Korrektionsmethode besprochen werden.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass bei allen Helligkeitsschätzungen das Auge eine helle Fläche zu überschätzen und eine dunklere zu unterschätzen geneigt ist. Im vorliegenden Fall kann man eine Reihe von Fransen von bekannter Intensität zum Vergleich sich herstellen, praktischer ist es jedoch, sich eine Korrektionskurve zu zeichnen und die Schätzungen hiernach zu korrigieren. Fig. 3 zeigt



Gleichung der punktierten Linie: $V = \frac{1 - \cos^2 2\varphi}{1 + \cos^2 2\varphi}$.

Ausgezogene Kurve: Schätzungen des Auges.

Fig. 3.

1) Phil. Mag. **13**, 338, 1891.

solche Korrektionskurve und die punktierten Linie in Fig. 2 giebt den Charakter dieses Korrektionsgliedes an.

III. lässt sich der Polarisationszustand in eleganter Weise bestimmen.

Wird z. B. die Lichtquelle parallel zur Achse des magnetischen Feldes betrachtet, so können mit einer $^1/_4$ λ-Platte und Nicolschem Prisma die Komponenten isoliert und einzeln untersucht werden. Die folgende Tabelle wird dies erläutern.

Tabelle I.

Die Lage der $^1/_4$ λ-Platte bleibt unverändert.

Lage der Achse des Nikol	Verhalten der Fransen beim Erregen des Magneten	Komponenten zugegen
Vertikal	werden verschwommen	beide
$+45^0$ oder -135^0	Dehnen sich aus, bleiben klar	verzögerte Komponente
$+90$ (horizontal)	werden verschwommen	beide
$+135^0$ oder -45^0	ziehen sich zusammen, bleiben klar	beschleunigte Komponente
180 (vertikal)	werden verschwommen	beide

Bleiben die Fransen klar, so wird offenbar die eine Komponente ausgelöscht; die Lage des Nicolschen Prismas ergiebt somit die Polarisationsebene.

IV. Dehnen sich die Fransen aus, so ist die verzögerte oder vergrösserte Welle zugegen, ziehen sie sich zusammen, so ist die beschleunigte oder verkleinerte Welle zugegen. Die auf Tabelle I basierende Fig. 4 zeigt dies

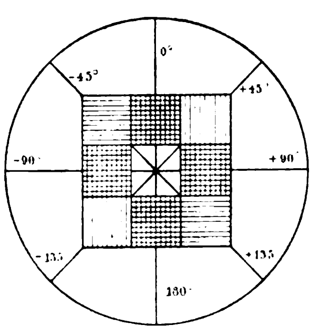


Fig. 4.

deutlich. Die Lage, wo die Fransen verschwommen werden, wobei also beide Komponenten zugegen sind, wird durch die kleinen Quadrate bezeichnet.

V. Auch behufs Messung der Änderung der Wellenlänge leistet das Interferometer gute Dienste. Man kann hierzu nach vier Methoden verfahren, die im Prinzip einander ähneln, aber im Detail voneinander abweichen.

1. Die erste Methode ist von Michelson ersonnen. Wird die Entfernung zwischen aufeinander folgender Maxima der modifizierten Sichtbarkeitskurve gemessen, und bezeichne Δ die Entfernung von dem Nullpunkte des Instrumentes bis zum ersten Maximum, dann ist

$$\Delta_1 = N\lambda = (N+1)\,\lambda_1, \qquad 5)$$

wo N die Gesamtzahl der passierten Fransen bedeutet und Δ und λ in Millimetern ausgedrückt werden müssen. Diese auch von Parot und Fabry (Astrophys. Journ. Feb. 1899) abgeleitete Formel ist besonders gut anwendbar, wenn der Unterschied zwischen λ und λ_1 nicht allzu klein ist. Im magnetischen Felde ist diese Differenz zu klein, da der entsprechende Wert von Δ sich zwischen 58 bis 14 mm ergab, als der Wert von H auf 4000 C. G. S.-Einheiten erhöht wurde. Da keine grosse Genauigkeit mit Ablesungen von Δ, welche grösser als 10 mm sind, erhalten werden kann, so muss die grösste Sorgfalt bei Anwendung dieser Methode beobachtet werden.

Bei einem Werte von Δ, welcher grösser als 20 mm ist, sind die Fransen so eng und häufig so schwach, dass die genaue Bestimmung des Verstärkungspunktes nicht leicht ist. Da ferner die magnetisierten und unmagnetisierten Fransen nicht zu gleicher Zeit beobachtet werden können, so muss der Wert von Δ ermittelt werden, bei dem der Magnet das System um die doppelte Breite einer Franse verschiebt. Diese Bestimmung ist für grosse Werte von Δ nicht leicht.

2. Bei der zweiten Methode werden das Nikol und die $^1/_4\lambda$-Platte nicht zu gleicher Zeit benutzt. In diesem Falle werden die magnetisierten Komponenten auseinander gezerrt, indem die eine beschleunigt, die andere verzögert wird. Die entsprechende Wirkung auf die Fransen besteht darin, dass das ursprüngliche System gleichzeitig sich zusammenzieht und ausdehnt. Wird nun der Punkt ermittelt, wo die beiden Systeme einander berühren, so wird jede Franse um $^1/_2$ ihrer Breite sich verschoben haben, woraus hervorgeht, dass das beschleunigte System um $^1/_2$ Periode der verzögerten voraus ist, oder um $^1/_4$ Periode von dem ursprünglichen System. Wir haben dann die Gleichung

$$\Delta_2 = N\lambda = (N+\tfrac{1}{4})\,\lambda_1\,. \qquad 6)$$

Bei dieser Methode muss der Wert von Δ_1 genommen werden, bei dem die Franse verschwindet und das Feld gleichmässig erhellt ist. Das letztere rührt daher, dass sobald das eine System von Fransen das andere berührt, die hellen Ringe des einen Systems mit den dunklen des anderen zusammenfallen, wodurch eine

gleichmässige Erhellung stattfindet. Wird die Lichtquelle parallel der Achse des Magnetfeldes betrachtet, so wird die $\frac{1}{4}\lambda$-Platte benutzt, aber nicht das Nicolsche Prisma. Beim Beobachten senkrecht zum magnetischen Felde wird die $\frac{1}{4}\lambda$-Platte natürlich nicht benutzt, sondern nur das Nicolsche Prisma, welches so gestellt werden muss, dass die mittlere Komponente vernichtet und die Seitenkomponente bestehen bleibt. Für solche Komponente ist diese Methode wahrscheinlich die beste.

3. Die dritte Methode ist nur für Beobachtungen parallel dem Magnetfeld anwendbar; sie besteht im folgenden.

Das Nikol wird so gedreht, dass eins der Systeme vernichtet wird und es wird nun die Aufmerksamkeit auf die Franse des übrigbleibenden Systems gelenkt. Wir wollen zunächst annehmen, dass die mittlere Franse dunkel und das magnetische Feld nicht erregt sei. Beim Schliessen des magnetisierenden Stromes werden die Fransen sich zusammenziehen oder ausdehnen und für einen gewissen Wert von Δ wird die Mitte, welche vorher dunkel war, sich erhellen. Unter diesen Bedingungen haben sich die Fransen um ihre eigene Breite verschoben, und es gilt die Gleichung

$$\Delta_3 = N\lambda = (N + \tfrac{1}{2})\,\lambda_1\,. \tag{7}$$

4. Die vierte Methode besteht im folgenden: das Feld bleibe magnetisch; die Franse werde mit dem Nikol in eine gegebene Lage gebracht, welche eine auf Δ gezogene Linie berührt. Das Nikol werde um 90° gedreht, damit das andere System sichtbar werde. Der Wert von Δ, welcher bewirkt, dass die Linie eine gemeinsame Tangente zu beiden Systemen wird, entspricht einer Differenz der Periode, so dass

$$\Delta_4 = N\lambda_1 = (N + 1)\,\lambda_2\,, \tag{8}$$

wo λ_1 und λ_2 die Wellenlänge der Bestandteile des Systems bedeuten. Da nun λ_1 und λ_2 symmetrisch zu der magnetisierten Linie λ sind, so geht die letzte Gleichung über in

$$\Delta_4 = N\lambda_1 = (N + \tfrac{1}{2})\,\lambda = (N + 1)\,\lambda_2$$

$$\text{oder } \Delta_4 = N\lambda = (N + \tfrac{1}{2})\,\lambda_1\,, \tag{9}$$

ein Resultat, welches mit Gleichung (8) identisch ist.

Von den obigen Methoden ist nur die zweite für Beobachtungen normal zum magnetischen Felde anwendbar, während alle für Beobachtungen parallel zum magnetischen Felde geeignet sind.

In den obigen Gleichungen bedeutet N die Gesamtzahl der Fransen, welche man von der Anfangslage bis zu dem gegebenen Werte von Δ passiert. Da $N\lambda = \Delta$, so können die Gleichungen auch geschrieben werden

Für Δ_1, Gleichung 5)

$$\lambda - \lambda_1 = \frac{\lambda\lambda_1}{\Delta} = \frac{\lambda^2}{\Delta}.$$

Für Δ_2, Gleichung 6)

$$\lambda - \lambda_1 = \frac{\lambda\lambda_1}{4\Delta} = \frac{\lambda^2}{4\Delta}. \tag{10}$$

Für Δ_3 und Δ_4, Gleichungen 7) und 9)

$$\lambda - \lambda_1 = \frac{\lambda\lambda_1}{2\Delta} = \frac{\lambda^2}{2\Delta}.$$

Für einen gegebenen Wert von $\lambda - \lambda_1$ erhalten wir

$$\Delta_1 - 4\Delta_2 = 2\Delta_3\,. \tag{11}$$

Die letzte Gleichung gestattet einen Vergleich zwischen den verschiedenen Methoden und beweist, dass Methode 2 die besten Resultate liefert, da sie die kleinsten Werte von Δ und daher die breitesten und schönsten Fransen giebt.

Jedoch. wie schon bemerkt, liefert 2. eine gleichmässige Erhellung, wobei die Fransen vernichtet werden, während Methode 3 und 4 klare scharfe Fransen liefert.

Gleichungen 10) können geschrieben werden

$$\frac{\lambda - \lambda^1}{\lambda^2} = \frac{1}{\Delta_1} = \frac{1}{4\Delta_2} = \frac{1}{2\Delta_3}. \tag{12}$$

Da aber aus anderen Überlegungen folgt, dass

$$\frac{\lambda - \lambda_1}{\lambda^2} = \frac{e}{m}\frac{H}{4\pi v},$$

so ergeben sich folgende Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} &\text{Methode I:} && H\Delta = 4\pi v\frac{m}{e} \\ &\text{Methode II:} && H\Delta = \pi v\frac{m}{e} \\ &\text{Methode III und IV:} && H\Delta = 2\pi v\frac{m}{e} \end{aligned}\right\} \tag{13}$$

Betrachtet man m/e als eine Konstante, so stellen diese Gleichungen rechtwinklige Hyperbeln dar, deren Zweige asymptotisch zu H und Δ als Achsen verlaufen. Dies liefert ein bequemes Mittel, um die Richtigkeit der nach den verschiedenen Methoden erhaltenen Resultate zu prüfen und sie miteinander zu vergleichen.

Im dritten Abschnitt (siehe oben III.) wurde eine Methode gegeben, um die Breite der äquivalenten einzelnen Lichtquelle zu bestimmen. Diese Breite müsste ungefähr mit dem nach einer der obigen Methoden erhaltenen Werte von $\lambda - \lambda_1$ übereinstimmen. Die Weite der $\frac{1}{2}$ Breite der äquivalenten einfachen Lichtquelle sind, wie sie aus den in Fig. 2 korrigierten Kurven ermittelt worden sind, in Tabelle II, Kolumne 2, mitgeteilt, während in Kolumne 3 die Werte von $\lambda - \lambda_1$ stehen, die durch Beobachtung der mittleren Franse nach Methode 3 erhalten worden sind.

Tabelle II.

Werte von H	½ Breite der äquivalenten einfachen Lichtquelle	$\lambda - \lambda_1$
3000	0,17	0,13
1700	0,35	0,32

Es war zu erwarten, dass der erstere Wert (entsprechend der ½ Breite) grösser sein würde, als der entsprechende Wert von $\lambda - \lambda_1$, da der letztere die Entfernung zwischen den Mitten der Lichtquellen, der erstere die äusserste Entfernung zwischen beiden giebt. Die Übereinstimmung in der obigen Tabelle ist daher sehr befriedigend.

VI. Bestimmung des Verhältnisses e/m. Für dieses Verhältnis gilt die bekannte Gleichung

$$14)\quad \frac{e}{m} = \frac{\lambda - \lambda_1}{\lambda^2} \frac{2\pi v}{H}.$$

Da alle Werte auf der rechten Seite bekannt sind, so ergiebt sich unmittelbar e/m. Die Resultate ähnlicher Rechnungen sind schon in dieser Zeitschrift mitgeteilt.[1])

Während die eingehende analytische, von Professor Michelson entwickelte Methode die vollständige Lösung des Problems der Verteilung des Lichtes giebt, dürfte durch diese Abhandlung bewiesen sein, dass das Interferometer zum Studium des Zeeman-Effektes in mannigfacher Hinsicht verwendbar ist. Diese Methoden sind, trotzdem sie indirekte sind, äusserst einfach und frei von manchen lästigen Einzelheiten, welche die viel schwierigere spektrographische Methode begleiten.

1) Vgl. diese Zeitschr. 1, 270, 1900.

Phys. Labor. Colorado College, Nov. 1900.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 16. Dezember 1900.)

Über die Schwingungsamplitude der Elektronen.

Von W. Kaufmann.

1. Betrachtet man die Schwingungen eines leuchtenden Moleküls gemäss der von Herrn H. A. Lorentz[1]) zuerst entwickelten Anschauungsweise als hervorgebracht durch die Bewegungen der mit Elektrizität geladenen materiellen Atome, so führt die quantitative Untersuchung des Zeemanschen[2]) Phänomens zu der notwendigen Konsequenz, dass ausser den gewöhnlichen, sogenannten chemischen Atomen, noch kleinere, stets negativ geladene Teilchen vorhanden sein müssen, deren Masse nur etwa $\frac{1}{1700}$ derjenigen des H-Atoms beträgt. Einen nahezu identischen Wert erhielt Verfasser[1]) bei Untersuchung der Kathodenstrahlen. Für das Folgende werde der von Herrn S. Simon[2]) bestimmte Wert $\frac{\varepsilon}{m} = 1{,}865 \cdot 10^7$ zu Grunde gelegt (ε = Ladung m = Masse eines Teilchens).

1) H. A. Lorentz, Leiden 1895.
2) P. Zeeman, Phil. Mag. 255, Sept. 1897.

Es soll nun im folgenden versucht werden, den Wert der Schwingungsamplitude dieser Teilchen der sogenannten „Elektronen" zu berechnen; und zwar, wie gleich hier bemerkt werden soll, einen oberen Grenzwert.

2. Es sei m die Masse eines Elektrons.
n die Zahl der in einem Atome vorhandenen schwingenden Elektronen.
N die Zahl der Atome in einem Grammäquivalent.
ϱ die Schwingungsamplitude eines Elektrons.
τ die Schwingungszeit.

Nimmt man die Schwingungen als kreisförmig an, so ist die Geschwindigkeit $\frac{2\pi\varrho}{\tau}$ und die kinetische Energie eines einzelnen Elektrons:

$$k = \frac{4\pi^2\varrho^2}{\tau^2} \cdot \frac{m}{2} = \frac{2\pi^2\varrho^2 m}{\tau^2}. \qquad 1)$$

Die kinetische Energie sämtlicher Elektronen in einem Grammäquivalent ist demnach:

$$n\,k = K = \frac{2\pi^2\varrho^2 m\, n\, N}{\tau^2}; \qquad 2)$$

nun ist

$$\frac{\varepsilon}{m} = 1{,}865 \cdot 10^7, \qquad 3)$$

ferner, wenn ε' die Ladung und M_H die Masse eines H-Atoms bedeutet:

$$\frac{\varepsilon'}{M_H} = 9650. \qquad 4)$$

Setzt man, wie ja meist geschieht, $\varepsilon = \varepsilon'$, so ist

$$m = M_H \cdot \frac{9650}{1{,}865 \cdot 10^7} = M_H \cdot 5{,}17 \cdot 10^{-4}. \qquad 5)$$

Es ist also:

$$m\,N = M_H N \cdot 5{,}17 \cdot 10^{-4}$$

und, da $M_H N$, das ist die Gesamtmasse eines Grammäquivalents Wasserstoff, gleich 1:

$$m\,N = 5{,}17 \cdot 10^{-4} \qquad 6)$$

so dass:

$$K = \frac{2\pi^2\varrho^2 n\, 5{,}17 \cdot 10^{-4}}{\tau^2} \qquad 7)$$

und:

$$\varrho^2 = \frac{\tau^2 K}{2\pi^2 n\, 5{,}17 \cdot 10^{-4}}. \qquad 8)$$

Bezeichnet man mit C_v die spezifische Wärme bei konstantem Volumen, mit μ das Molekular-

1) W. Kaufmann, Wied. Ann. 62, 596, 1897.
2) S. Simon, Wied. Ann. 69, 611, 1899.

gewicht eines einatomigen Gases, z. B. des *Na*-Dampfes, so ist $C_v\,\mu = 3$ g-Kal.[1]) $= 1{,}26 \cdot 10^8$ absolute Einheiten.

Ist T die absolute Temperatur, so ist die Energie eines Grammäquivalents:

$$9)\quad K_0 = T\,C_v\,\mu = 1{,}26 \cdot 10^8 \cdot T.$$

Diese Energie besteht zum weitaus grössten Teil in fortschreitender Bewegung der Moleküle, so dass die Energie der Schwingungen der Elektronen jedenfalls kleiner ist als K_0. Bezeichnet α einen echten Bruch, so ist demnach:

$$10)\quad K = \alpha\,K_0 = \alpha \cdot 1 \cdot 26 \cdot 10^8 \cdot T.$$

Die Schwingungszeit τ des Lichtes der *D*-Linien ist:

$$11)\quad \tau = 1{,}96 \cdot 10^{-15}\,\text{Sek.}$$

so dass wir erhalten:

$$12)\quad \varrho = \sqrt{\frac{\alpha}{n}\,T} \cdot \sqrt{\frac{1{,}96^2 \cdot 10^{-30} \cdot 1{,}26 \cdot 10^3}{2\pi^2 \cdot 5{,}17 \cdot 10^{-4}}}$$

$$= 2{,}18 \cdot 10^{-10} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{n}\,T};$$

setzen wir $T = 2000^0$, der ungefähren Temperatur des Bunsenbrenners, so wird:

$$13)\quad \varrho = 9{,}75 \cdot 10^{-9} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{n}}$$

oder angenähert:

$$\varrho = 10^{-8} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{n}}.$$

Hierbei ist $\alpha < 1$, $n > 1$; folglich $\frac{\alpha}{n} < 1$, so dass wir auch schreiben können:

$$14)\quad \varrho < 10^{-8}\,\text{cm}.$$

Wahrscheinlich ist ϱ von dieser oberen Grenze sehr weit entfernt, da ja aus dem Werte des Verhältnisses C_p/C_v der spezifischen Wärmen für einatomige Gase folgt, dass fast die ganze Energie in fortschreitender Bewegung der Moleküle besteht, dass also α sehr klein sein muss. Da der sogenannte Radius der Wirkungssphäre eines Gasmoleküls von der Ordnung 10^{-8} ist, so folgt aus obigem Resultat jedenfalls, dass die Schwingungsweite der Elektronen viel kleiner ist als der Molekularradius.

1) F. Richarz, Verhdl. D. phys. Ges. 1, 47, 1899.

Göttingen, Oktober 1900.

(Eingegangen 20. Januar 1901.)

Über ein Universalstativ für Versuche mit der Braunschen Röhre und Zusammenstellung solcher Versuche.

Von H. Th. Simon und M. Reich.

Seit Herr F. Braun[1]) den glücklichen Gedanken gehabt hat, die magnetische Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen zur Strommessung zu verwenden, ist die Braunsche Röhre in immer wachsendem Masse als wertvolles Hilfsmittel der Forschung und Demonstration erkannt und benutzt worden. Die überraschende Vielseitigkeit ihrer Anwendbarkeit, namentlich auch zu Vorlesungsexperimenten scheint uns aber noch lange nicht genügend bekannt und verwertet zu sein. Wir erlauben uns daher, im folgenden eine Stativanordnung zu beschreiben, die sich uns beim Experimentieren mit der Braunschen Röhre als zweckmässig erwiesen hat und die Verwendung der Braunschen Röhre zu allen möglichen Versuchen ganz ausserordentlich erleichtert. Der Vorteil, dass durch dieses Universalstativ die Braunsche Röhre zu einem stets gebrauchsfertigen, leicht und exakt zu handhabenden, äusserst vielseitigen Instrument wird, rechtfertigt unseren Wunsch, unsere Erfahrungen hier mitzuteilen und damit zur Einführung des schönen Braunschen Gedankens in die breitere Laboratoriums- und Unterrichtspraxis beizutragen. Des weiteren schien uns zu diesem Zwecke wünschenswert, eine Zusammenstellung derjenigen Versuche zu geben, die sich mit unserer Anordnung durchführen lassen; Versuche, wie sie von verschiedenen Forschern, in der Litteratur zerstreut, mitgeteilt sind, teils auch von uns zum ersten Male angestellt sind.

Die Anordnung, die wir verwenden, ist folgende (siehe Fig. 1). Auf einem starken Grundbrett *M* (30 × 50 cm) erhebt sich das eigentliche Stativ *N*, ein aus 8 cm breiten Brettstreifen gebildetes Kreuz von 80 cm Höhe und 25 cm Armlänge. An demselben wird die Braunsche Röhre *B* mit Hilfe von korkgefütterten Klammern *K* so befestigt, dass ihre Achse auf der Ebene des Kreuzes in seinem Schnittpunkte senkrecht steht. Dort ist die zur Aufnahme der Röhre geeignete Durchbohrung *E* angebracht. Das Diaphragma der Röhre fällt ungefähr mit der Kreuzebene zusammen.

Ausser den Armen 1, 2, 3, 4 sind noch zwei weitere 5 und 6 an dem Kreuze angebracht, deren Mittellinien mit den Mittellinien der Arme 1 und 2 Winkel von 30° einschliessen. Diese beiden Arme 5 und 6 bilden demnach miteinander, sowie mit Arm 3 Winkel von je 120°.

1) F. Braun, Wied. Ann 60, 532, 1897; Elektrot. Ztschr. 19, 204, 1898.

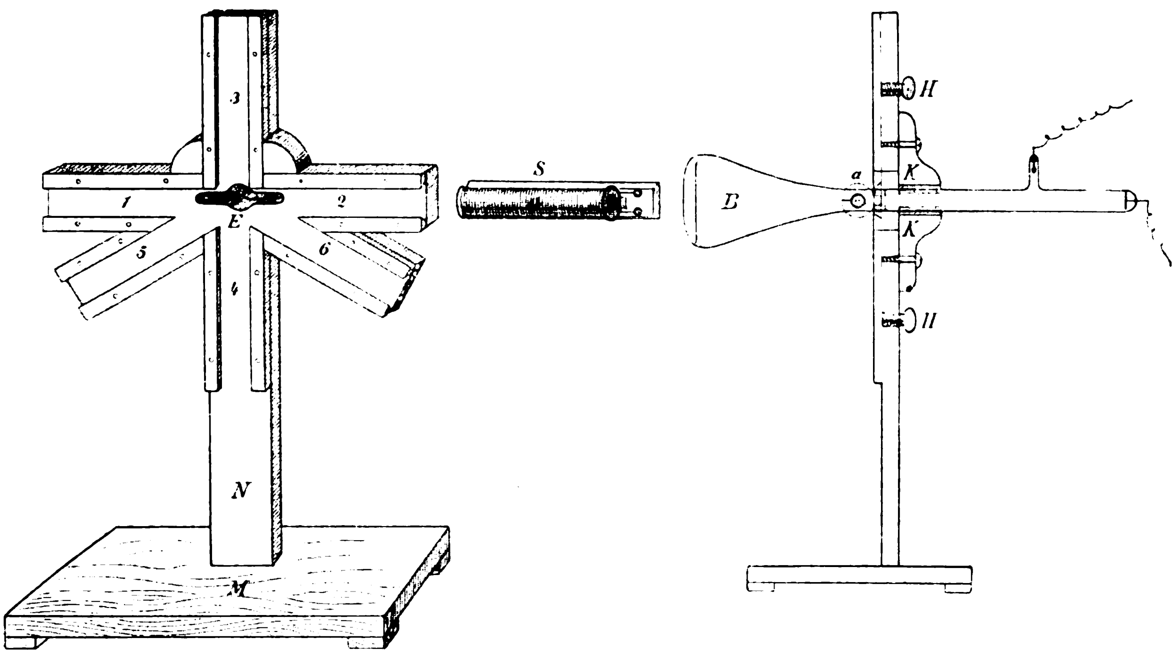


Fig. 1.

Jeder der 6 Arme ist mit einer Schlittenführung versehen, auf deren Schlitten *S* die bei den Versuchen verwendeten „Indikatorspulen" so befestigt sind, dass ihre Achsen mit den Mittellinien der Arme zusammenfallen. Die Schlitten können durch Holzschrauben *H* in jeder Lage festgehalten und damit der Spulenabstand von der Achse der Braunschen Röhre beliebig einreguliert werden. — Im einzelnen sind die Dimensionen des Stativs aus der Zeichnung zu entnehmen, die im Massstabe 1 : 10 ausgeführt ist.

Die Spulen sind auf Messingrohr von 1 cm Durchmesser gewickelt und haben folgende Dimensionen: a) 20 cm Länge, 3,5 cm Durchmesser, 570 Windungen eines 1,5 mm starken umsponnenen Kupferdrahtes in 6 Lagen. Von diesen Spulen sind 4 Stück erforderlich. b) 10 cm Länge, 3,5 cm Durchmesser, 2100 Windungen eines 0,5 mm starken seideumsponnenen Kupferdrahtes in 14 Lagen. Davon ist ein Stück nötig.

Weitere Hilfsteile werden bei den Versuchen erwähnt.

Sämtliche Messingteile der Spulen sind zur Vermeidung Foucaultscher Ströme der Länge nach aufgeschlitzt. Jede Spule ist auf einem Schlitten *S* festgeschraubt, mit bezeichneten Klemmschrauben versehen, und kann ohne weiteres an jedem der sechs Arme des Stativs befestigt werden.[1])

1) Das Stativ nebst Zubehör wurde von dem Mechaniker des Instituts, Herrn Eduard Günther, Stiftstrasse 32, zu unserer grössten Zufriedenheit ausgeführt.

Die Braunsche Röhre betreiben wir mit einer gewöhnlichen zweiplattigen Holtzschen Influenzmaschine. Wegen der intermittierenden Entladungen ist der Betrieb mit einem Induktorium nur in Fällen angängig, wo es sich um Beobachtung sehr langsam veränderlicher Vorgänge handelt. Auch dann ist die Verwendung eines schnellwirkenden, z. B. elektrolytischen Unterbrechers ratsam.

1. Strommessung.

Zwei Spulen *a* werden an den horizontalen Armen 1 und 2 des Stativs befestigt und hintereinander von einem Gleichstrome durchflossen, der gleichzeitig durch ein geeignetes Ampèremeter fliesst. Mit Hilfe eines lichtstarken Objektivs lässt sich der Lichtfleck der Braunschen Röhre auf einen transparenten Schirm projizieren. Man gewinnt durch Bezeichnung seiner Lage bei verschiedenen Stromstärken mit Zahlen aus Balmainscher Leuchtfarbe eine Aichskala, durch die die Braunsche Röhre zu einem Demonstrations-Ampèremeter gemacht ist. Die Empfindlichkeit ist durch Verschiebung der Indikatorspulen in weiten Grenzen variabel. Die Aichung muss natürlich häufig kontrolliert werden.

Verwendet man nur eine Spule *a*, so ist das Ablenkungsfeld nicht homogen, und der runde Fleck erscheint deformiert, indem die der Spule zunächst befindlichen Kathodenstrahlen stärker abgelenkt werden, wie die entfernteren. Darauf ist schon von Herrn Zenneck hingewiesen worden.[1])

1) J. Zenneck, Wied. Ann. 69, 844, 1899.

2. Wechselstromkurven.

Die Spulenanordnung ist dieselbe wie im ersten Fall. Man schickt einen Wechselstrom hintereinander durch dieselbe und sieht den Lichtfleck der Braunschen Röhre zu einem vertikalen Lichtbande auseinandergezogen, welches im rotierenden Spiegel in die Wechselstromkurve aufgelöst wird. Entnimmt man den Wechselstrom einem Transformator, so ist die verschiedenartige Form der Kurve je nach Belastung des Transformators interessant. Ist die im rotierenden Spiegel beobachtete Kurve regelmässig gezackt, so wird das direkt beobachtete Lichtband an den entsprechenden Stellen Schattierungen[1]) aufweisen, die durch die verschiedene Geschwindigkeit der Bewegung des Flecks in den verschiedenen Phasen des Wechselstromes veranlasst sind. Verwendet man nur eine Spule, so werden aus dem unter 1. angegebenen Grunde die Rand-, sowie die Schattierungslinien schräg zur Spulenachse verlaufen. Wie man die Wechselstromkurven photographisch fixieren kann, haben die Herren Wehnelt und Donath,[2]) sowie Herr J. Zenneck[3]) gezeigt. Die ersteren legen die Kurve auf einer bewegten photographischen Platte auseinander; der letztere sinnreich mit Hilfe einer zu der Indikatorspule senkrecht stehenden Ablenkungsspule, die von einem von Null bis zu einem bestimmten Werte linear wachsenden Strome so durchflossen wird, dass die Zeit des Anwachsens immer mit der Zeit des Ablaufs einer Periode synchron ist. Dieser linear wachsende Strom wird von einem mit dem Wechselstromgenerator geeignet gekuppelten rotierenden Apparate erzeugt, einer Scheibe, auf deren Umfang ein Widerstandsdraht an einem festen Gleitkontakte vorbeischleift.

3. Unterbrecherkurven.

Die gleiche Spulenanordnung wird ferner verwendet, um im rotierenden Spiegel die Stromkurven verschiedenartiger Unterbrecher zu erhalten. Man sieht, dass der Strom stets in der für einen Stromkreis mit Selbstinduktion und Widerstand bekannten, durch die Beziehung

$$i = \frac{E}{W}\left(1 - e^{-\frac{W}{L}t}\right)$$

ausgedrückten Weise wächst, so dass gleichzeitig diese wichtige Beziehung selbst eine anschauliche Demonstration findet.

Charakteristisch für die einzelnen Unterbrechertypen ist die Art des Stromabfalls, die Dauer des Stromschlusses und die Zeit der Stromlosigkeit zwischen den einzelnen Unterbrechungen. Bei den älteren Unterbrechern, z. B. dem Wagnerschen Hammer, ist letztere relativ gross, und die Dauer des Stromschlusses nicht variabel. Bei den neueren, gut konstruierten Unterbrechern sind die Pausen kürzer, bei einigen, z. B. den Quecksilberstrahlunterbrechern etc., lässt sich die Dauer des Stromschlusses jeder Betriebsspannung anpassen. (Vgl. dazu J. Walter, Über die Vorgänge im Induktionsapparat Wied. Ann. **62**, 300, 1897.) Bei den elektrolytischen Unterbrechern fehlen die Pausen ganz, bei diesen setzt sofort nach der Unterbrechung, die hier sehr plötzlich geschieht, der Strom aufs neue wieder ein, der zur nächsten Unterbrechung führt.[1]) Im Interesse eines später mitgeteilten Versuchs sei hierauf besonders hingewiesen. Bei gleichbleibender Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels gewinnt man aus den Kurven gleichzeitig ein Urteil über die Unterbrechungszahlen. Die elektrolytischen Unterbrecher stehen in dieser Beziehung an der Spitze.

4. Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung.

Ausser den bisher auf Arm 1 und 2 angewandten Spulen wird auf dem Arme 3 des Stativs die Spule b befestigt. Während der Strom in den horizontalen Spulen den Lichtfleck vertikal ablenkt, sucht der Strom in Spule 3 ihn auf einer horizontalen Linie zu verschieben. Werden jetzt beide Spulensysteme von demselben Wechselstrome durchflossen, so wird die Bahn des Lichtflecks die Resultante der beiden zu einander senkrechten Ablenkungen sein. Haben die beiden Ströme keine Phasendifferenz, so wird die resultierende Bahn des Lichtflecks eine gerade Linie sein, die um 45 Grad gegen die Horizontale geneigt ist, wenn durch Verschieben der Spulen dafür gesorgt ist, dass die Amplituden der beiden Komponenten gleich sind. Besteht zwischen beiden eine Phasendifferenz, so erhält man als resultierende Bewegung eine Ellipse, die für die Phasendifferenz von einer viertel Periode in einen Kreis übergeht. Um also die Phasendifferenz ϑ nachzuweisen, die zwischen dem Strome in einer Drahtspule (Drosselspule) und der Spannung an ihren Enden besteht, eine Phasendifferenz, welche von der Selbstinduktion L und dem Widerstande W sowie der Periode ω der Drosselspule nach der Beziehung

$$tg\,\vartheta = \frac{L\omega}{W}$$

abhängt, schicken wir den Strom, der diese Spule durchfliesst, durch die horizontalen Rollen a, während wir die vertikale Rolle b der Drossel-

1) Mayrhofer, Elektrot. Zeitschr., **21**, 914, 1900.
2) A. Wehnelt und B. Donath, Wied. Ann. **69**, 861, 1899.
3) J. Zenneck, Wied. Ann. **69**, 838, 1899.

1) A. Wehnelt, Wied. Ann. **68**, 233, 1899; H. Th. Simon, Wied. Ann. **68**, 273, 1899.

spule parallel schalten. Der Lichtfleck der Braunschen Röhre beschreibt dann eine flache Ellipse, die sich mehr und mehr der Kreisform nähert, je mehr man die Selbstinduktion der Drosselspule vergrössert. Die Herren Wehnelt und Donath haben am angeführten Orte gezeigt, wie man diese Phasendifferenz mit Hilfe zweier Braunschen Röhren sichtbar machen und photographisch fixieren kann.

5. Wirkung einer Graetz-Pollackschen Zelle im Wechselstromkreis.

Zwei Spulen *a* auf den beiden horizontalen Armen 1 und 2 des Stativs werden von einem Wechselstrome durchflossen. Schaltet man in seinen Stromkreis noch eine Graetz-Pollacksche Zelle ein, so wird von den beiden Zweigen der Wechselstromkurve der eine vernichtet, nämlich derjenige, in dem die Aluminiumplatte der Zelle Anode[1]) ist. Diese Wirkung ist mittelst der Braunschen Röhre daran zu erkennen, dass sich das Lichtband des Wechselstromes beim Einschalten der Zelle um die Hälfte verkürzt. Im rotierenden Spiegel erhält man eine Kurve, bei der der vernichtete Zweig durch eine horizontale Linie ersetzt ist, vorausgesetzt, dass die Vernichtung eine vollständige ist. Im andern Falle beobachtet man noch kleine übrig gebliebene Zacken, welche sich durch Zuschalten einer oder einiger weiterer Zellen beseitigen lassen. Ausser den Herren Wehnelt und Donath,[2]) die zuerst diese Erscheinung mit der Braunschen Röhre untersuchten und photographisch aufzeichneten, hat Herr Mayrhofer[3]) diesbezügliche Beobachtungen veröffentlicht und besonders die Änderung der Wirkung an verschiedenen beschaffenen Zellen untersucht. Ein sehr hübscher von ihm herrührender akustischer Demonstrationsversuch dieser Erscheinung sei der Vollständigkeit halber mit angeführt. Schaltet man nämlich in den Stromkreis eine Spule mit Eisenkern ein, auf den man — eventuell unter Zwischenlegen eines Stückes Kartonpapiers — ein kleines Eisenblech legt, so giebt dieses einen der Wechselzahl des Stromes entsprechenden Ton von sich. Sobald man die Graetzsche Zelle einschaltet, sinkt dieser Ton auf die tiefere Oktave, weil jetzt nur noch halb so viele magnetische Impulse in der Zeiteinheit auf das Blech wirken.

6. Schwebungen.

Hat man zwei Wechselströme zur Verfügung, deren relative Wechselzahl sich variieren lässt, so kann man in folgender Weise das Prinzip der Schwebungen demonstrieren: Durch zwei Spulen *a* auf den horizontalen Armen 1 und 2 des Stativs schickt man je einen der beiden Wechselströme; man beobachtet dann bei naher Übereinstimmung der Wechselzahlen ein Schwanken des Lichtbandes der Braunschen Röhre zwischen Minimal- und Maximalamplituden. Im rotierenden Spiegel sieht man die bekannten Schwebungskurven, deren Form sich durch Veränderung der Wechselzahlen beliebig variieren lässt.

7. Lissajoussche Figuren.

Verwendet man die vier Spulen *a* an den vier Armen 1, 2, 3, 4 des Kreuzes paarweise so, dass man die horizontalen 1 und 2 hintereinander von dem ersten Wechselstrome, die vertikalen 3 und 4 hintereinander von dem zweiten durchfliessen lässt, so beschreibt der Lichtfleck die Lissajousschen Figuren, deren besondere Typen sich durch Einregulieren auf die entsprechenden Wechselzahlverhältnisse leicht erreichen lassen. Da gleichzeitig die Phasendifferenz der beiden Wechselströme fast stets langsam wechselt, so durchwandert jede der Figuren langsam alle ihre Phasen nacheinander. Bei Konsonanz z. B. verwandelt sich die Lichtfigur aus der geraden Linie durch die Ellipse in den Kreis und wieder in die gerade Linie zurück. Die Erscheinung ist besonders beim Wechselzahlverhältnis 1:2, 2:3, 3:4 ausserordentlich schön; auch kann man sich nur schwer dem Eindrucke entziehen, als kämen die Figuren durch Rotation von Cylinderflächen um ihre Achsen zu stande, auf denen die entsprechenden Sinuslinien aufgetragen sind. Diese in den mathematischen Verhältnissen der Lissajousschen Figuren bekanntlich tiefer begründete perspektivische Wirkung ist äusserst überraschend. Die Figuren lassen sich leicht photographieren.

8. Drehstrom.

Zum Studium eines Drehfeldes ist die Braunsche Röhre zuerst von Herrn Braun[1]) und Herrn J. Zenneck[2]) sowie von H. Ebert und Hoffmann[3]) angewendet worden. Wir benutzen zur Demonstration drei Spulen *a* auf den um 120 Grad gegeneinander geneigten Armen 3, 5 und 6 des Stativs. Die drei Enden dieser Spulen werden miteinander, die drei Anfänge mit den drei Polen einer Drehstromdynamomaschine, zweckmässig unter Einschaltung dreier Stromschlüssel verbunden. An Stelle des Lichtfleckes erscheint ein Kreis *K* (siehe Fig. 3). Läuft die Maschine langsam, so kann man deutlich die vorschreitende Rotation des Lichtfleckes

1) L. Graetz, Wied. Ann. **62**, 323, 1897; Pollack, Elektrot. Zeitschr., 24. Juni 1897.
2) l. c.
3) l. c.

1) F. Braun, Elektrot. Zeitschr. **19**, 204, 1898.
2) J. Zenneck, Wied. Ann. **68**, 365, 1899; **69**, 854, 1899.
3) H. Ebert und M. W. Hoffmann, Elektrot. Zeitschr. **19**, 405, 1898.

auf der Kreisbahn wahrnehmen. Schaltet man je einen Zweig des Drehstromes aus, während die beiden anderen geschlossen bleiben, so erhält man nacheinander drei um je 120 Grad gegeneinander geneigte Lichtbänder (1, 2, 3 der Figur 3), den um je 120 Grad gegeneinander verschobenen Komponenten des Drehstromes entsprechend. Die Entstehung der ganzen Erscheinung wird am besten durch nachstehende Konstruktionszeichnung (Fig. 2 und 3) veranschaulicht.

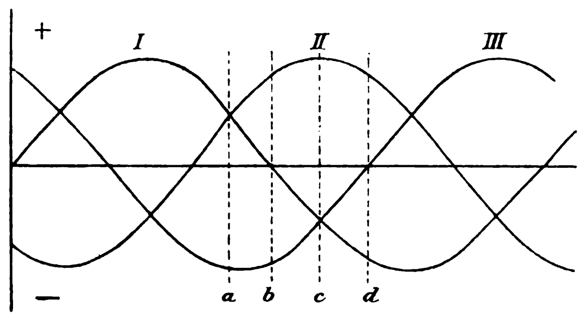


Fig. 2.

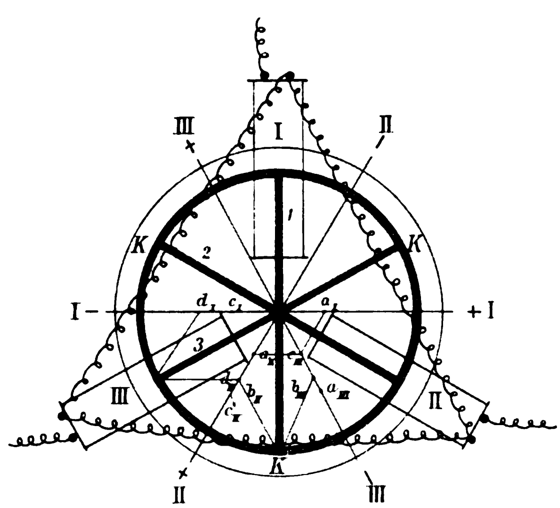


Fig. 3.

Fig. 2 giebt die Elongationen und Phasen der drei Wechselströme I, II und III für jeden Zeitpunkt, z. B. die Zeitpunkte *a*, *b*, *c*, *d*. In Fig. 3 sind die Spulen entsprechend mit I, II, III bezeichnet, ebenso die Linien auf denen der betreffende Wechselstrom den Lichtfleck für sich allein bewegen würde, mit ihren positiven und negativen Seiten (z. B. I + und I —). Die Spulen sind in Sternschaltung. Die zu jedem Zeitpunkte gehörigen Elongationen sind nach diesem Zeitpunkte und der betreffenden Wechselstromkomponente als Index bezeichnet (z. B. a_{I}, a_{II} etc.). Zusammensetzung aller Komponenten (a_{I} a_{II} a_{III} oder b_{I} b_{II} b_{III} etc.) zu irgend einer Zeit nach dem Parallelogramm der Kräfte ergiebt stets einen Punkt des Kreises *K*. Schaltet man eine der drei Komponenten I, II, III aus, so ergiebt die Konstruktion in Übereinstimmung mit der Erfahrung als Spur des Lichtflecks die Linien 1, 2, 3.

9. Hysteresis.

Wie zuerst Herr K. Ångström[1]) gezeigt hat, lassen sich die Hysteresiseigenschaften des Eisens mit Hilfe der Braunschen Röhre sehr schön demonstrieren. Wir verwenden wieder die vier Spulen *a* auf den horizontalen und vertikalen Armen des Kreuzes und lassen sie von demselben Wechselstrome in der Weise durchfliessen, dass die magnetische Wirkung der beiden horizontalen Spulen 1 und 2 auf den Kathodenstrahl sich gegenseitig aufhebt, während diejenige der beiden vertikalen 3 und 4 sich summiert, so dass wir nur eine Bewegung des Lichtfleckes auf einer horizontalen Linie erhalten. Bringt man jetzt in eine der beiden horizontalen Spulen Eisen hinein, so wird dasselbe entsprechend der Stromstärke dieser Spulen magnetisiert, und der Lichtfleck wird durch diesen im Eisen erregten Magnetismus noch eine vertikale Ablenkung erfahren. Diese wird sich also mit der horizontalen Bewegung zu einer Kurve zusammensetzen, deren Ordinaten dem induzierten Magnetismus des Eisens, deren Abscissen der jeweiligen magnetisierenden Kraft proportional sind. Ändert diese Kraft periodisch ihren Wert, so muss demnach der Lichtfleck die Hysteresiskurve der betreffenden Eisensorte beschreiben. Will man dieselbe frei von Foucaultschen Strömen untersuchen, so verwendet man als magnetisierenden Strom einen Gleichstrom, dessen Stärke und Richtung man durch Widerstand und Kommutator geeignet ändert. Durch Projektion des Lichtflecks auf einen transparenten Schirm, auf dem man die entstehende Kurve nachzeichnet, lässt sich dieser Versuch auch quantitativ auswerten. Der Einfluss von Foucaultströmen bei Verwendung von Wechselstrom zeigt sich markant, wenn man zunächst ein Eisendrahtbündel allein, sodann ein ebensolches in einer Messingröhre eingeschlossen in eine der horizontalen Spulen einführt. Bringt man verschiedenartige Eisensorten in beide horizontale Spulen, so sind die entstehenden Kurven, — als die Übereinanderlagerung der magnetischen Eigenschaften beider, — zuweilen von sehr bizarren Formen.

10. Magnetische Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Man verwendet zwei Spulen *a* auf zwei aufeinander senkrechten Armen des Stativs. In der horizontalen Spule befindet sich ein Eisenstab von ca. 1 m Länge, so dass sich die Spule

1) K. Ångström, diese Zeitschr. I, 121, 1899.

auf diesem verschieben lässt. In der vertikalen Spule ist ein kürzerer Stab des gleichen Materials. Fliesst ein Wechselstrom nacheinander durch beide Spulen, so wird der Lichtfleck der Braunschen Röhre eine um 45 Grad gegen die Horizontale geneigte gerade Linie beschreiben. Verschiebt man nun die Spule auf dem Eisenstabe, so geht das Lichtband mehr und mehr in eine Ellipse über, was beweist, dass zwischen den aufeinander senkrechten magnetischen Ablenkungen eine um so grössere Phasendifferenz besteht, je weiter die Spule auf dem Eisenstabe von der Röhre entfernt wird. Die Deutung, welche Herr Braun [1]) diesem Versuche giebt, ist die, dass der Magnetismus eine gewisse Zeit braucht, um sich von der Spule durch das Eisen bis zur Kathodenstrahlröhre fortzupflanzen. Indessen hat schon Ångström gegen die nach dieser Erklärung berechnete Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Magnetisierung im Eisen einige Zweifel erhoben. In seiner späteren Publikation weist Herr F. Braun [2]) selbst darauf hin, dass die magnetische Fortpflanzungsgeschwindigkeit grösser sein muss, als sie bei dem beschriebenen Versuche wegen der Störungen durch Foucaultsche Ströme gefunden wird.

Eine sehr interessante Anwendung dieser scheinbaren magnetischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit zur Erzeugung eines Drehfeldes mit Hilfe eines einfachen Wechselstroms macht Herr F. Braun. [2]) Man biegt an dem einen Ende eines massiven Eisenstabes von 8 mm Durchmesser einen halbkreisförmigen Haken von 7 cm Durchmesser. Derselbe wird in eine der Spulen gesteckt und mit derselben etwa am Arme 1 befestigt, so dass der Harken die Braunsche Röhre umfasst. Lässt man Wechselstrom durch die Spule fliessen, so beschreibt der Lichtfleck einen Kreis, wie er für ein Drehfeld charakteristisch ist. Das Drehfeld entsteht, wie Herr Braun gezeigt hat, durch Übereinanderlagerung des von der Wechselstromspule direkt erzeugten Feldes mit dem von den im Eisen entstehenden Foucaultschen Strömen herrührenden. Die letzteren magnetisieren das Eisen so, wie eine auf den Harken aufgewickelte Spule es thun würde, so dass die Kraftlinien beider Felder ziemlich senkrecht zu einander verlaufen. Da wegen des kleinen Widerstandes im Eisen die Foucaultschen Ströme um 90° gegen den Erregerstrom verschoben sind, so muss ein Drehfeld resultieren. Herr Braun hat einen nach diesem Prinzip konstruierten Motor beschrieben, der von der Firma Hartmann & Braun ausgeführt wurde.

1) F. Braun, l. c.
2) Elektrot. Ztschr. 19, 204, 1898.

11. Oszillatorische Entladungen.

Um die oszillatorische Entladung eines aus Kapazität, Selbstinduktion und Widerstand bestehenden elektrischen Systems mit Hilfe der Braunschen Röhre zu demonstrieren, haben die Herren F. Braun [1]), Richarz und Ziegler [2]) die Ströme eines solchen Systems durch eine Indikatorspule hindurch geschickt und den entstehenden Lichtstreif im rotierenden Spiegel analysiert. Den Herren Wehnelt und Donath [3]) gelang es sogar, die Erscheinung auf einer bewegten photographischen Platte zu fixieren, wenigstens für relativ langsam schwingende Systeme.

Durch folgende, dem unter 2. erwähnten Zenneckschen Gedankengange ähnliche Überlegung gelang es uns, die Anwendung des rotierenden Spiegels zu umgehen und den Verlauf auch der schnellsten elektrischen Oszillationen als eine gedämpfte Sinuslinie feststehend auf dem Fluoreszenzschirm der Röhre zu erhalten. Es ist bekannt und oben darauf hingewiesen, dass der Strom in dem Stromkreise eines elektrolytischen Unterbrechers sofort nach der Unterbrechung wieder anzusteigen beginnt. Treibt man ein Induktorium, dessen sekundäre Wickelung mit den Belegungen einer Leydener Flaschen-Batterie verbunden sind, mit einem solchen Unterbrecher, so wird sich nach jeder Unterbrechung diese Batterie laden und gleich darauf mit einer gedämpften Schwingung durch die Sekundärspule des Induktoriums wieder entladen. In dieser selben Entladungsperiode steigt nun aber der Primärstrom wieder an, bis eine neue Unterbrechung erfolgt, und es lässt sich durch geeignete Wahl der Versuchsbedingungen leicht erreichen, dass sich der oszillatorische Entladungsvorgang gerade in der Zeit abspielt, die der Primärstrom braucht, um von 0 auf seinen Maximalwert anzuwachsen.

Lassen wir jetzt den Entladungsstrom durch eine vertikale Indikatorspule fliessen, so wird der Lichtfleck auf einer horizontalen Linie oszillieren; schicken wir den Primärstrom des Induktoriums gleichzeitig durch die beiden horizontalen Spulen, so wird er den Lichtfleck auf einer vertikalen Linie bewegen, also gewissermassen die Rolle des rotierenden Spiegels übernehmen und den Lichtfleck in eine Schwingungskurve auseinander ziehen. Da sich genau dieselben Vorgänge bei jeder Unterbrechungsphase ganz gleichartig wiederholen, so ist eine dauernde, feststehende Kurve auf dem Fluoreszenzschirm der Röhre zu erwarten.

1) Wied. Ann. 60, 557, 1897; Elektrot. Zeitschr. 19, 204, 1898.
2) F. Richarz und W. Ziegler, Ann. der Physik, 1, 468, 1900.
3) l. c.

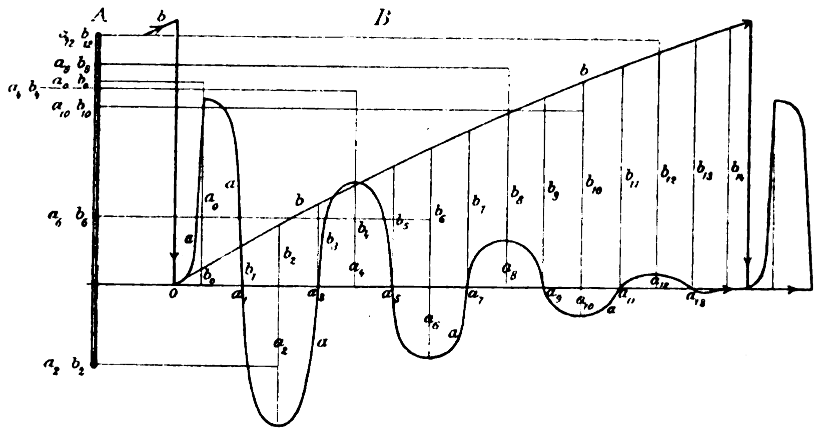


Fig. 4

Das Ergebnis entsprach zunächst nicht den Überlegungen. Wir erhielten nicht die erwartete, sondern die in der Figur 4A dargestellte Erscheinung. Dieselbe deutet allerdings auch eine periodische Kraft an, die aber in derselben Ebene ablenkend wirkt, wie der Primärstrom. Die Erklärung ist unzweifelhaft die, dass es nicht die elektromagnetischen Stromwirkungen, sondern die elektrostatischen Ladungen der vertikalen Indikatorspule waren, welche die Ablenkungen der Kathodenstrahlen bewirkten. Dasselbe scheint unbewusst auch bei der Versuchsanordnung der Herren Richarz und Ziegler (vgl. Ann. d. Phys. **1**, 469, 1900) der Fall gewesen zu sein. Wenigstens gelang es uns in keiner Weise genügende Ablenkungen der Kathodenstrahlen durch die elektromagnetische Wirkung der Entladungsströme zu erreichen. Die letzteren werden von den elektrostatischen Wirkungen der geladenen Spulen weit übertroffen. Da der Lichtfleck an den Umkehrpunkten die kleinste Bewegungsgeschwindigkeit hat, so erscheinen diese Umkehrpunkte besonders hell. Die Konstruktion der beobachteten Erscheinung in Fig. 4A aus den Komponenten Fig. 4B giebt von derselben eingehend Rechenschaft. *b* ist die durch den Wehneltunterbrecher bestimmte Kurve des Primärstromes, *a* die Kurve des Spannungsverlaufes an den Belegungen der Leydener Batterie. Die Indices an *a* und *b* bezeichnen zusammengehörige Zeitmomente. Demnach ist die Konstruktion der Umkehrpunkte $(a_0 b_0)$ $(a_2 b_2)$ aus der Fig. 4A ersichtlich.

Dass sich die elektrostatischen Wirkungen zur Untersuchung so schnell wechselnder Felder gut eignen, hat schon Herr H. Ebert [1]) gezeigt. Wir benutzten schliesslich folgende Anordnung (s. Figur 5): Durch zwei horizontale Spulen *a* waren Drähte, durch Glasröhren isoliert, durchgeführt, welche an den Enden kleine Metall-

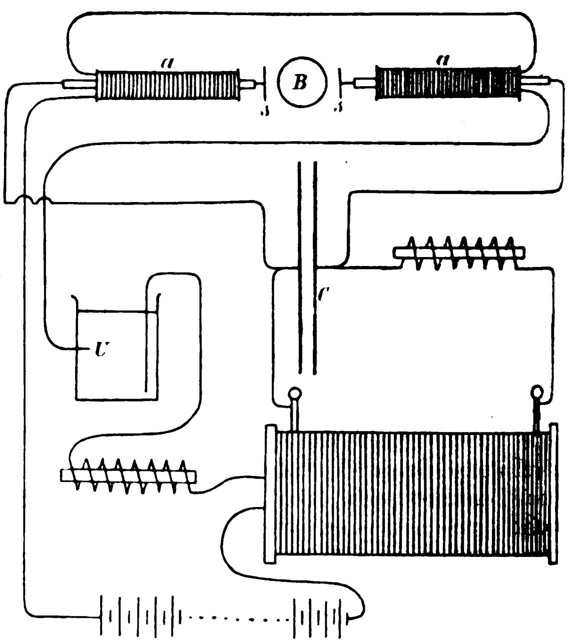


Fig. 5.

scheiben *s* von 3 cm Durchmesser trugen, zwischen denen die Braunsche Röhre *B* symmetrisch lag. Die beiden Drähte führten zu den Belegungen der Leydener Batterie *C*, der Raum zwischen den Scheiben *s* bildete also ein elektrostatisches Feld, dessen Stärke und Richtung von der jeweiligen Ladung der Batterie bestimmt wurde, so dass der Kathodenstrahl entsprechend dieser Richtung horizontal abgelenkt wurde. Wenn wir jetzt den Unterbrecher *U* arbeiten liessen, erhielten wir die erwartete Erscheinung, wie sie in Fig. 6 wiedergegeben ist. Da es sich um eine dauernd feststehende Erscheinung handelt, konnten wir sie mit Leichtigkeit ohne besondere Hilfsmittel photographieren. Die Zeichnung Fig. 6 entspricht genau einer solchen Aufnahme.

1) H. Ebert, Wied. Ann. **64**, 240, 1898.

Die genaue Entstehungsweise dieser Erscheinung ist wieder aus der Konstruktionszeichnung zu erkennen, welche auch zur quantitativen Auswertung der Versuche die Handhabe bietet; die zusammengehörigen Elongationen der Kurven a und b (Fig. 4B) sind jetzt zu einander senkrecht zusammengesetzt. Durch Variation der verwandten Kapazitäten und

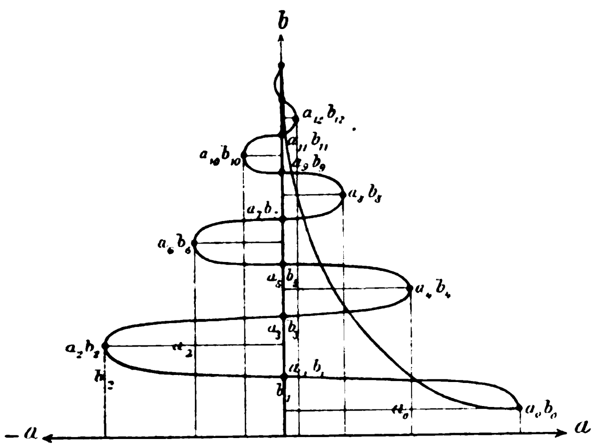


Fig. 6.

Selbstinduktionen lässt sich die bekannte Abhängigkeit $T = \pi \sqrt{LC}$ sehr schön demonstrieren.

Mit dieser Anordnung scheint uns die einfachste und anschaulichste Demonstrationsmethode oszillierender Entladungen und ihrer Gesetze verwirklicht zu sein, die bis jetzt existiert.

Bemerkenswert ist der Verlauf der Kurve zwischen Ende des einen und Anfang eines neuen Entladungsvorganges (s. Figur 4 und 6). Die Kurve zeigt, dass die maximale Ladungsspannung nicht momentan, sondern wegen der Selbstinduktion der Sekundärspule des Induktoriums in einer charakteristischen Kurve erfolgt. Fig. 7 zeigt diesen Verlauf der Kurve a und b

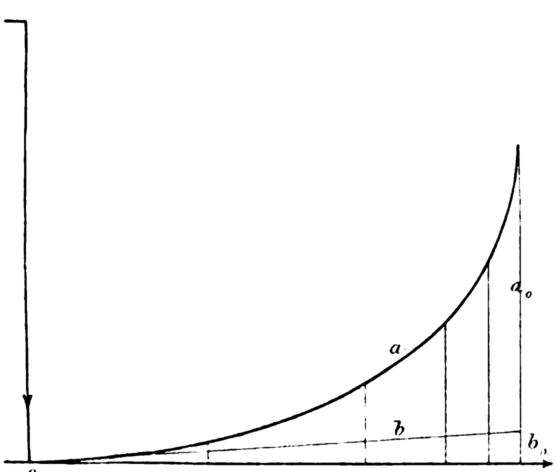


Fig. 7.

zwischen o und $(a_0\ b_0)$ in grösserem Massstabe. Da die photographischen Aufnahmen zeigen, dass Punkt $a_0\ b_0$ nicht auf der Nulllinie liegt, so ist der Schluss zu ziehen, dass die Unterbrechung am Wehneltunterbrecher in der That zur Zeit o momentan erfolgt, so dass b schon wieder einen gewissen Wert b_0 erreicht hat, wenn die Spannung a auf ihren Maximalwert a_0 gelangt. Die Konstruktionszeichnungen Fig. 4, 6 u. 7 veranschaulichen das.

Inwieweit diese Methode zu exakten Messungen verwertbar ist, soll Gegenstand weiterer Untersuchung bilden.

Laboratorium des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a./M., Januar 1901.

(Eingegangen 22. Januar 1901.)

Erwiderung auf die Bemerkungen von Herrn F. Kurlbaum: „Über einen Prioritätsanspruch von Herrn E. Villari".

Von E. Villari.

Herr Kurlbaum veröffentlicht in dieser Zeitschrift **2**, 147, 1900 einige Bemerkungen in Antwort auf den von mir in **2**, 1900 derselben Zeitschrift erhobenen Prioritätsanspruch in Bezug auf eine von ihm in Wiedemanns Annalen[1]) publizierte Arbeit. Kurz gefasst, kommt er zu folgenden Resultaten:

1) dass seine Arbeit drei Resultate oder „wesentliche Punkte" enthält, die von mir weder gefunden, noch studiert worden sind;

2) dass seine Arbeit nach einer anderen Methode und zu anderem Zwecke als die meinige durchgeführt worden ist, und er folglich keinen Prioritätsanspruch anerkennen kann.

Er fügt dann liebenswürdigerweise hinzu, dass meine Arbeit einen grossen Fortschritt gegenüber den früheren bedeute, sowie dass dieselbe und meine Ideen über die Beziehung zwischen der Emission von Russ und der Schichtdicke jetzt sehr bekannt und als Gemeingut aller Physiker zu betrachten sind, weshalb er mich in seiner Arbeit zu nennen nicht für nötig hielt.

Meinerseits möchte ich nun dazu bemerken, dass es ganz richtig, auch nie von mir bestritten worden ist, dass sowohl Methode wie Zweck unserer beiden Arbeiten verschieden sind, was sehr natürlich ist, da ein Zeitraum von 22 Jahren zwischen ihnen liegt. Und so gern wie ich anerkenne, dass die drei von Herrn Kurlbaum angeführten Punkte neu und wesentlich sind, so füge ich doch hinzu, dass andere neue und vielleicht nicht uninteressante Thatsachen in meiner Arbeit behandelt worden sind.

1) **67**, 846, 1899.

Wenn Herr Kurlbaum meint, dass meine Arbeit und die darin ausgesprochenen Ideen über das Emissionsvermögen so bekannt sind, dass man sie als Gemeingut aller Physiker betrachten könne, so fürchte ich, dass er sehr im Irrtum ist; ich glaube vielmehr, dass meine Untersuchungen, wie auch diejenigen von vielen anderen Italienern, ausserhalb Italiens fast unbekannt geblieben sind. Mögen nun hierüber unsere Meinungen sein, welche sie wollen, jedenfalls scheint mir, dass man mit voller Wahrheit bestätigen kann, dass unsere Arbeiten bei aller Verschiedenheit doch in dem Teil, der sich auf die Emission des Russes bezieht und innerhalb der in meiner Mitteilung bezeichneten Grenzen übereinstimmen; daher schien mir damals und scheint mir jetzt noch mein Prioritätsanspruch innerhalb der oben gedachten Grenzen weder ungerecht, noch unzeitig.

Für seine liebenswürdigen Worte in Bezug auf mich sage ich Herrn Kurlbaum meinen besten Dank und hoffe, dass er mit vorstehenden Erklärungen zufrieden sein wird.

(Eingegangen 23. Januar 1901.)

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

C. H. Wind (Groningen), Zur Beugung der Röntgenstrahlen.

Wegen der kurzen Zeit, welche mir gestattet ist, werde ich an einigen Stellen meines Vortrages, wo grössere Ausführlichkeit gewiss erwünscht wäre, mich wohl etwas allzukurz fassen müssen.[1])

Ein Wort muss ich aber vorausschicken. Ich möchte vor dieser Versammlung noch einmal nachdrücklich aussprechen, dass Herr Professor Haga und ich noch immer als das Hauptergebnis unserer Beugungsversuche mit Röntgenstrahlen den Nachweis betrachten, den sie geliefert, dass überhaupt die Röntgenstrahlen **einer** Beugung fähig sind und dass man sie also als einen wellenartigen Vorgang in dem Äther aufzufassen hat.

Obgleich nun unsere Versuche schon nahe zwei Jahre alt sind, sind sie — wie ich meine — bisher noch die einzigen, welche einen positiven Beweis für diese Wellennatur der Röntgenstrahlen erbracht haben; dies möge auch mich entschuldigen, wenn ich jetzt noch einen Teil Ihrer kostbaren Zeit für das Problem der Beugung der Röntgenstrahlen in Anspruch zu nehmen wage.

Ein weiteres Ergebnis unserer Versuche sind einige Werte zwischen etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{100}$ $\mu\mu$, welche wir in rohester Annäherung als Wellenlängen der Röntgenstrahlen hergeleitet haben.

Mit diesem Vortrage beabsichtige ich nun teilweise eine Erläuterung und Ergänzung zu unserer früheren theoretischen Behandlung des Beugungsproblems der Röntgenstrahlen, teilweise ein Gegenstück zu Herrn Sommerfelds (diese Zeitschr. **1**, 103, 1899; **2**, 88, 1900) Behandlung desselben Problems vorzuführen. Und zwar werde ich versuchen, drei Sachen kurz auseinanderzusetzen.

Erstens: dass die von uns am Spaltbilde der Röntgenstrahlen beobachteten Einzelheiten sich thatsächlich aus einer Beugung erklären lassen, und wie man aus denselben zu einer Schätzung der Wellenlängen gelangen kann. Die Wellenlängen, die wir gefunden, sind nicht so aufzufassen, als hätten die Röntgenstrahlen sozusagen ein Spektrum, das aus einigen ziemlich scharf begrenzten Linien oder Banden zusammengesetzt wäre; vielmehr sind es nur Wellenlängen, bei denen irgend eine Energiekurve der Strahlung mehr oder weniger ausgeprägte Maxima besitzt. Die Energiekurve einer Strahlung aber sieht verschieden aus, zeigt insbesondere ihre Maxima bei verschiedenen Wellenlängen, je nachdem die eine oder die andere Funktion von λ als Abscisse abgetragen ist. Und so kann man in unserem Falle zu der Frage kommen, in was für einer Energiekurve die Orte der Maxima durch die von uns berechneten Werte der Wellenlängen angewiesen werden.

Der zweite Zweck meines Vortrags ist nun, den Nachweis zu liefern, dass unsere Zahlen sich auf die Maxima einer Energiekurve beziehen, welche etwa auf Werten von $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ [1]), keinesfalls aber auf Werte von $\frac{1}{\lambda}$

1) Eine etwas grössere Vollständigkeit ist hier, bei der Wiedergabe des Vortrags, angestrebt worden, u. a. auch noch dadurch, dass öfters hingewiesen wird auf zwei vorangehende Aufsätze (d. Zeitschr. **2**, 189 und 265). Der Inhalt des zweiten derselben bildete, der Hauptsache nach, einen Teil des Aachener Vortrags.

1) In Aachen sprach ich in diesem Zusammenhange von $\sqrt{\lambda}$ statt $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$. Eine nähere Erwägung hat mich gelehrt,

z. B., als Abscissen konstruiert ist. Ferner will ich dann nachdrücklich betonen, dass es nur diese angenäherten Orte der Maxima in einer derartigen Energiekurve der Quelle sind, was die bisherigen Versuche uns herzuleiten gestatten, und dass aus denselben also nur noch recht Weniges über den Mechanismus der Erregung der Röntgenstrahlen zu schliessen wäre.

An dritter Stelle endlich werde ich die Energiekurve der Quelle konstruieren, in der speziellen Annahme, dass es sich um die kurzen Impulse handelt, für die Herr Sommerfeld das Beugungsproblem, unabhängig von der gewöhnlichen Beugungstheorie der periodischen Strahlung, entwickelt hat. Wir werden sehen, dass diese Energiekurve den Bedingungen genügt, um eine Erklärung der thatsächlich erhaltenen Beugungsbilder zu erlauben, und kommen so auf ganz verschiedenem Wege zu dem gleichen Resultate, wie Herr Sommerfeld. Nur wird bei meiner Behandlung insbesondere ins Auge springen, dass die Sommerfeldsche Annahme in Bezug auf den Vorgang in der Quelle nur eine ist aus vielen, welche bis jetzt als gleich zulässig zu betrachten wären.

Im Beugungsbilde eines durch eine punktförmige homogene Lichtquelle beleuchteten, sich nach unten linear verjüngenden Spaltes (vergl. d. Zeitschr. **2**, 265, 1901) sieht man im unteren Teil die Beugungsfransen am stärksten hervortreten und sich am weitesten voneinander entfernen. Es giebt auch Fransen im Innern des Spaltbildes, doch von diesen brauche ich hier nicht zu reden.

Es werden offenbar die Beugungsfransen mehr verwaschen erscheinen und sogar verschwinden können, 1) wenn man die Lichtquelle sich in die Breite ausdehnen lässt, 2) wenn die gegenseitige Lage von Quelle, Spalt und Platte durch Erschütterungen während der ganzen Exposition nicht vollständig unverrückt bleibt und 3) wenn die Strahlung, statt nahe homogen zu sein, ein langes kontinuierliches Spektrum hat. Bei den Röntgenstrahlen konnte ein Zusammenwirken dieser sämtlichen Ursachen zur Erklärung angenommen werden, weshalb wir da die Beugungsfransen nie haben erhalten können.

Es zeigt sich aber ganz unten im Beugungsbilde des homogenen oder nahezu homogenen Lichtes noch eine weitere Eigentümlichkeit. Das Spaltbild (vergl. die Figuren in der citierten Mitteilung), statt in einer Spitze zu endigen, breitet sich daselbst seitlich stark aus. Und es ist ersichtlich, dass dieses Phänomen, trotz einer erheblichen Ausdehnung der Quelle in die Breite und trotz Erschütterungen, immer merklich sein wird, falls nur in der Strahlung einige Wellenlängen in hinreichendem Maasse stärker vertreten sind als die andern. Nachdem also Herr Professor Haga und ich uns lange vergeblich bemüht hatten, um die typischen Beugungsfransen mit den Röntgenstrahlen zu erhalten, haben wir denn auch schliesslich all unsere Hoffnung gesetzt auf eine Entdeckung dieser ebenfalls typischen Verbreiterung des Spaltbildes an der Spitze. Und thatsächlich haben wir zuletzt mehrere Bilder bekommen, auf denen die Verbreiterung sich schwach, aber dennoch deutlich zeigt. Freilich haben wir dabei Spaltbreiten von nur wenigen μ und Expositionszeiten von 100 bis 200 Stunden anwenden müssen.

Den allgemeinen Charakter des Bildes kann ich Ihnen am besten an einer schematischen Abbildung (Fig. 1) zeigen, in der das sich anfangs

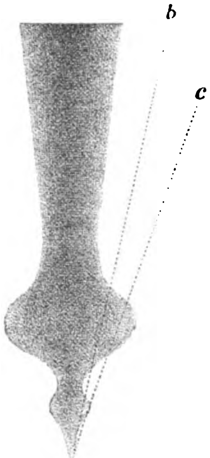


Fig. 1.

normal nach unten verjüngende Spaltbild, und dann, an zwei Stellen, die erwähnten, sich über eine gewisse Strecke fortsetzenden, Verbreiterungen angegeben sind. Zum richtigen Verständnis bemerke ich, dass Sie sich dieses Bild in vertikaler Richtung etwa zweimal, in horizontaler Richtung dagegen etwa zweihundertmal verkürzt zu denken haben, um eine ungefähr richtige Vorstellung der erhaltenen Bilder zu bekommen.

[Vergrösserungen des besten unter den erhaltenen Bildern wurden auf die Wand projiziert und auch von Hand zu Hand gegeben, während die Originalaufnahme (Nr. 2[1])) im Nebenzimmer zur Besichtigung unter dem Mikroskop lag.]

dass die Auseinandersetzung etwas einfacher wird, wenn man die Energiekurve mit den Werten von $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ in den Vordergrund rückt. Einen sehr wesentlichen Einfluss auf die Resultate bedingt diese Änderung nicht.

1) H. Haga und C. H. Wind, Wied. Ann. **68**, 884, 1899.

Jetzt gilt es, eine Methode zu finden um aus diesen Bildern Wellenlängen zu bestimmen.

Man sehe sich zu dem Zwecke die topographische Zeichnung (Fig. 3, S. 266) des soeben erwähnten typischen Beugungsbildes an; sie entspricht für die einfach periodische Erregung der soeben von Herrn Sommerfeld für den Impuls vorgezeigten Figur.[1]) Der Lauf der Intensitätslinien bringt u. a. deutlich die Verbreiterung des Beugungsbildes an der Spitze zum Ausdruck.

Mit Hilfe dieser Zeichnung lässt sich sehr leicht die Intensitätsverteilung auf irgend einer in der Beobachtungsebene gedachten Geraden, z. B. auf der Mittellinie oder auf der in b oder c punktiert vorgestellten Geraden, ermitteln. Man findet dann, dass, während auf der Mittellinie die Intensität von der Spitze an fortlaufend bis zu einem Maximalwerte ansteigt, welchen sie für $v = 2.42$ erreicht, und nachher, oscillierend um den Normalwert 1, sich diesem asymptotisch nähert, auf den Schnitten wie b und c die Intensität ihr erstes und bei weitem wichtigstes Maximum schon ganz nahe der Spitze erreicht (bei $v = 0.85^5$, bezw. $v = 0.68$), um nachher sich mit schwachen Schwankungen asymptotisch dem Nullwerte zu nähern, praktisch denselben schon ziemlich schnell zu erreichen. Auch bei dieser Verschiedenheit in der Lage des Beleuchtungsmaximums zwischen den einzelnen durch die Spitze gezogenen Geraden kommt die Verbreiterung des Spaltbildes in der Nähe der Spitze ganz deutlich zum Ausdruck.

Die Intensitätsverteilung auf einer Geraden (b), welche zweimal soweit als a (in der Fig. 3, S. 266) von der Mittellinie entfernt ist, findet man in der oberen Kurve der Fig. 2 dargestellt. Es sind dabei als Abscissen die zu den Punkten der Geraden gehörigen Werte v der tabulären Breite des Spaltes genommen. Diese Werte von v sind den Entfernungen ϱ der Punkte von der Spitze des aus der Quelle auf die Beobachtungsebene central projizierten Spaltes proportional, solange λ einen festen Wert hat. Es ist nämlich die zu einem Punkte gehörige Spaltbreite s jener Entfernung ϱ proportional und also gleich $\alpha\,\varrho$ zu setzen, wo α eine von der Lage der Geraden b abhängige Konstante ist; somit wird (vergl. S. 267)

$$1)\qquad v = \alpha\,\varrho \sqrt{\frac{2\,(a+b)}{a\,b\,\lambda}}.$$

Die durch die Ordinate der Kurve vertretene relative Beleuchtungsintensität wollen wir jetzt mit Ω bezeichnen. Denn es ist — wenn wir jetzt von dem Falle, wo die Quelle homogenes Licht ausstrahlt, d. h. wo die Erregung in der Quelle eine einfach harmonische

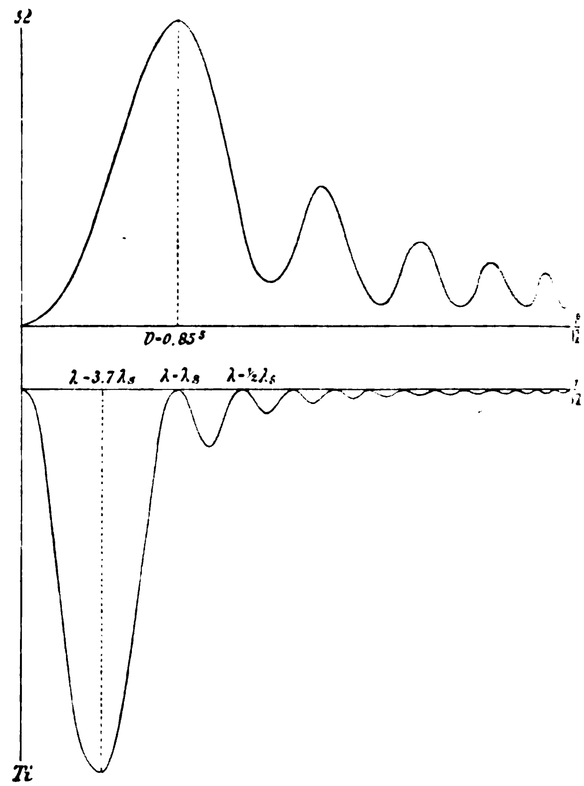


Fig. 2.

Schwingung ist, zu dem allgemeinen Falle übergehen, wo diese Erregung eine beliebig gestaltete Funktion ist — dieselbe, welche ich bei meinen Betrachtungen über die Anwendbarkeit der Fourierschen Reihenentwickelung auf optische Probleme mit Ω_n bezeichnet habe (d. Zeitschr. S. 193). Sie erscheint hier aber nicht unmittelbar in ihrer Abhängigkeit von n, sondern in ihrer Abhängigkeit von der Grösse v, welche nach 1) mit $\sqrt{n}$ proportional ist, weil λ umgekehrt proportional ist mit n.

Bei der nichthomogenen Strahlung wird nun nach dem Resultate der eben erwähnten Betrachtungen (vergl. S. 195) die mittlere Beleuchtungsstärke an irgend einem Punkte der Geraden b dargestellt durch das Integral

$$\int_1^\infty \Omega\, I\, dn,$$

die Intensität des zu erhaltenden photographischen Bildes aber durch

$$B = T\int_{n_0}^\infty \gamma\, \Omega\, I\, dn, \qquad 2)$$

wo I die Ordinate der Energiekurve der Quelle, in dem an der angezogenen Stelle erläuterten Sinne, γ ein Empfindlichkeitskoeffizient und T die Expositionszeit ist.

Am besten wird sich der Ausdruck 2) zur

1) Diese Zeitschr. 2, 58, 1900.

weiteren Diskussion eignen, wenn die Funktionen unter dem Integralzeichen in der gleichen Variabelen, auf die sich auch die Integration bezieht, ausgedrückt gedacht werden. Es empfiehlt sich, für diesen Zweck die Variabele $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ zu benutzen, da wir die Abhängigkeit der Funktion Ω von dieser Variabeln sofort der Fig. 2 entnehmen können. Wir setzen also vorerst

$$I\,dn = i\,d\frac{1}{\sqrt{\lambda}}, \tag{3}$$

woraus, da $\lambda n = 2VT$, wenn V die Lichtgeschwindigkeit bezeichnet und für das Intervall T meiner früheren Betrachtungen (l. c.) die Expositionszeit genommen wird und wenn, schliesslich, die Fouriersche Reihenentwickelung in ihrer zweiten Form (vergl. S. 190) benutzt wird,

$$i = 2\sqrt{VTn}\,I. \tag{4}$$

Aus der Gleichung 11') S. 195 geht dann hervor

$$i = 2\sqrt{VTn}\;\overline{\alpha_n^2}, \tag{5}$$

wo α_n der Koeffizient der Fourierschen Entwickelung der Erregungsfunktion ist.

Eine Kurve, welche dieses i graphisch darstellt, können wir genau so gut wie die I-Kurve eine Energiekurve der Quelle nennen; sie ist aber mit letzterer keineswegs identisch; auch hat sie ihre Maxima an anderen Stellen liegen.

Von der Abhängigkeit von γ von n oder λ lässt sich leider wenig weiteres sagen, als dass γ für nicht sehr grosse Werte von n verschwindet (vergl. S. 193, unten), was uns berechtigt, für die untere Integrationsgrenze in 2) einen gewissen grossen Wert von n anzunehmen (vgl. S. 195, Ende 5).

Statt 2) können wir jetzt

$$B = T\int_{\lambda=\lambda_0}^{\lambda=0} \gamma\,\Omega\, i\, d\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \tag{6}$$

schreiben; und wir haben jetzt die Abhängigkeit dieses Ausdrucks von der Variabeln ϱ, von der ja Ω eine Funktion ist, zu untersuchen.

Es ist nämlich diese Abhängigkeit, worüber unsere Experimente uns einigermaassen belehren können; zeigen doch die uns zur Verfügung stehenden photographischen Aufnahmen, von denen S. 293 die Rede war, auf irgend einer Geraden wie b (vgl. Fig. 1), ein Maximum, bezw. einige Maxima, der Einwirkung. Die Orte dieser Maxima, welche alle bei kleinen Spaltbreiten liegen, können in grober Annäherung durch Ausmessung bestimmt werden. Die Aufnahmen zeigen an Stellen, welche den grösseren Spaltbreiten entsprechen, auf den Geraden wie b durchaus keine photographische Wirkung (ausser einer diffusen, welche wir hier nicht zu berücksichtigen haben).

Aus solchen spärlichen Daten mit einziger Zuhilfenahme der Gleichung 6) die Gestalt der i-Kurve der Quelle zu berechnen, ist selbstverständlich ausgeschlossen, geschweige denn (vergl. S. 196), dass wir die Art der Erregung in der Quelle mit einiger Sicherheit aus denselben herleiten könnten. Das wollen wir denn auch nicht versuchen. Etwas anderes ist es aber, zu untersuchen, ob, bezw. unter welchen Bedingungen, irgend eine willkürliche Voraussetzung in Bezug auf die Art der Erregung mit dem Experimente verträglich ist. Und damit wollen wir anfangen, indem wir, wie soeben[1]) Herr Sommerfeld es auch gemacht hat, annehmen dass die Erregung ein einfacher Impuls ist, welcher während eines Intervalles $t = t_1$ bis $t = t_1 + \tau$ stattfindet und sich alsdann ausdrücken lässt durch die Gleichung

$$f(t) = q, \tag{7}$$

wo q eine Konstante ist.

Indem wir dann die Fouriersche Reihenentwickelung in der zweiten Form (vergl. S. 190 Gleichung 2') anwenden, wird

$$\alpha_n = \frac{2}{T}\int_{t_1}^{t_1+\tau} q \sin n\frac{\pi t}{T}\,dt = \tag{8}$$

$$= \frac{4q}{n\pi}\sin n\pi\frac{\tau}{2T}\sin n\pi\frac{2t_1+\tau}{2T}.$$

Wir haben nur grosse Werte von n zu berücksichtigen und nur (vergl. S. 195) einen über sehr viele aufeinanderfolgenden Werte von n erstreckten Mittelwert $\overline{\alpha_n^2}$ zu berechnen. Dabei ist es von Wichtigkeit, dass sich die ersten zwei Faktoren des letzten Ausdrucks nur sehr langsam, der dritte Faktor hingegen sehr schnell mit n ändert, so dass wir setzen können:

$$\overline{\alpha_n^2} = \left(\frac{4q}{n\pi}\sin n\pi\frac{\tau}{2T}\right)^2 \overline{\sin^2 n\pi\frac{2t_1+\tau}{2T}}. \tag{9}$$

Auf der rechten Seite dieser Gleichung ist nun der zweite Faktor, weil die zu jedem Mittelwerte gehörigen Argumente des $\sin^2$ sich wohl nahe gleichmässig über den ganzen Kreisumfang verteilen, gleich $\frac{1}{2}$ zu setzen[2]).

Substituieren wir nun den Ausdruck 9) in 5) und drücken n in λ aus, so kommt nach Multiplikation mit T, wenn ausserdem noch $V\tau = \lambda s$ gesetzt wird und jetzt die Mittelwertsstriche wieder weggelassen werden

$$Ti = 4\sqrt{2}\cdot Vq^2\tau^2\cdot\sqrt{\frac{1}{\lambda}}\left(\frac{\sin\pi\frac{\lambda s}{\lambda}}{\pi\frac{\lambda s}{\lambda}}\right)^2. \tag{10}$$

1) D. Zeitschr. **2**, 55, 1900.

2) Wenn ein Kreis durch mehr als zwei Radien in gleiche Teile zerlegt wird, ist das arithmetische Mittel der Sinusquadrate der durch jene Radien mit irgend einem festen Radius gebildeten Winkel gleich $\frac{1}{2}$.

Die Art der Abhängigkeit der Grösse i oder Ti von dem Argumente $\sqrt{\frac{1}{\lambda}}$ findet man in der unteren Kurve der Fig. 2 dargestellt. Diese Kurve ist also eine Energiekurve des Sommerfeldschen Impulses zu nennen. Sie hat ihr Maximum da, wo $tg\,\pi\frac{\lambda s}{\lambda} = \frac{4}{3}\pi\frac{\lambda s}{\lambda}$, d. h. ungefähr bei

11) $\lambda = 3.7\,\lambda s.$[1])

(Es ist λs diejenige Grösse $V\tau$, welche Herr Sommerfeld die „Breite" des Impulses genannt hat und welche nach seinen Auseinandersetzungen gewissermaassen der Wellenlänge bei periodischen Vorgängen entspricht.)

Jetzt gilt es zu untersuchen, ob bei dieser Gestalt der Energiekurve die Grösse B nach 6) eine Abhängigkeit von ϱ zeigen wird, welche mit dem Experimente stimmt. Betrachten wir dazu die Fig. 2 etwas näher. Die Ordinaten der oberen Kurve stellen in gewissem Maassstabe die Werte von Ω, die Abscissen die von $\frac{\varrho}{\sqrt{\lambda}}$ vor. Wenn wir aber die Abscissen im Verhältnis von ϱ zu 1 verkürzen, stellen sie $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ vor. Man denke sich nun diese Operation an der Figur 2 vollzogen; es werden dann nachher die zu einer gleichen Abscisse gehörigen Ordinaten der oberen sowie der unteren Kurve zu einem nämlichen Werte von $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ gehören; den Wert von B werden wir alsdann finden, wenn wir jedes Element der Abscissenachse mit γ und mit den zugehörigen Ordinaten der beiden Kurven multiplizieren und dann integrieren. Nun wird aber die Ω-Kurve in Fig. 2 durch die erwähnte Operation in der horizontalen Richtung zusammengedrückt, in einem mit ϱ proportionalem Verhältnis; und es ist eben dadurch, dass eine Abhängigkeit des Integrals von ϱ bedingt wird. Wir sehen aber — wenn wir von jetzt an uns um die Veränderlichkeit von γ, von der wir doch fast nichts wissen, nicht kümmern — sofort, dass es ein ziemlich beschränktes Gebiet von ϱ-Werten geben muss, innerhalb dessen das Integral Werte annimmt, wogegen die anderswo erreichten Werte vollständig in den Hintergrund zurücktreten. Es sind dies die Werte von ϱ, bei denen vermöge der erwähnten Operation in Fig. 2 die maximale Ordinate der Ω-Kurve mit der der i-Kurve an nahe dieselbe Stelle der Abscissenachse rückt.

Ganz genau werden diese Maximalordinaten hinsichtlich ihrer Abscissen zusammenfallen, wenn gleichzeitig $v = 0.85^5$ und $\lambda = 3.7\,\lambda s$ wird. Dieses ergiebt eine Bedingung für ϱ, oder auch — wie wir lieber sagen wollen — für die Spaltbreite s, und zwar diejenige, welche aus der Gleichung 1) hervorgeht, wenn wir darin $a\,\varrho$ wieder durch s, v durch 0.85^5 und λ durch $3.7\,\lambda s$ ersetzen. Es kommt dann

$$0.85^5 = s\sqrt{\frac{2\,(a+b)}{a\,b\cdot 3{,}7\,\lambda s}}. \qquad 12)$$

Nun ist also, zwar nicht genau bei der dieser Gleichung genügenden Spaltbreite, aber doch bei einer von jener nicht allzuviel abweichenden, ein Maximum der Einwirkung, bei erheblich abweichenden Spaltbreiten hingegen keine entfernt so starke Einwirkung auf der Geraden b des Beugungsbildes zu erwarten.

Wenn also in dem Beugungsbilde, welches der Versuch uns ergiebt, nur eine Verbreiterung vorhanden wäre, so würde dieses qualitativ mit der Impulshypothese ohne weiteres verträglich sein; und es könnte die „Breite des Impulses" aus der Spaltbreite, bei der die Verbreiterung des Beugungsbildes am stärksten ist (praktisch derselben, wie diejenige, bei der sich auf der Geraden b das Maximum zeigt), und ferner aus den Werten von a und b, in roher Annäherung berechnet werden. Lösen wir Gleichung 12) nach λs auf, so kommt

$$3.7\,\lambda s = \frac{2\,s^2\,(a+b)}{a\,b\cdot 0{,}73}, \qquad 13)$$

und entnehmen wir dann den Versuchen von Haga und Wind (Wied. Ann. **68**, 894, Versuch Nr. 2) die Werte $a = b = 75$ cm, $s = 7\,\mu$, so erhalten wir angenähert

$$3{,}7\,\lambda s = 3{,}5\cdot 10^{-8}, \text{ oder } \lambda s = 0.1\,\mu\mu.$$

Dieses Resultat stimmt in ganz befriedigender Weise mit Herrn Sommerfelds Endwert, welcher 0.13 $\mu\mu$[1]) beträgt.

Wenden wir uns jetzt zu der Frage, ob auch andere Hypothesen mit dem Experimente verträglich sind, so ergiebt sich, dass bei Erregungen einer ganz anderen Natur auch eine ähnliche Verbreiterung im Spaltbilde auftreten müsste, falls nur wieder die i-Kurve der Erregung an irgend einer Stelle ein ausgeprägtes Maximum aufwiese. Aus dem Experimente lässt sich also kaum mehr schliessen, als dass letzteres der Fall sein muss, und es ist eigentlich nur im allgemeinen die Wellenlänge eines solchen Maximums der i-Kurve, was wir (noch dazu nur in sehr roher Annäherung) aus dem Experimente ermitteln können; wir können jene Wellenlänge nämlich allgemein gleich der rechten Seite von 13) setzen.[2])

1) Ich bemerke, dass die Energiekurve, welche n, d. h. $\frac{1}{\lambda}$, zur Abscisse und daher I (d. h. die rechte Seite von 9)) zur Ordinate hätte, ihr Hauptmaximum zeigen würde bei $\lambda = \infty$.

1) Diese Zeitschr. **2**, 60, 1900.

2) Bei den früheren Wellenlängenberechnungen von Haga und mir wurde aus anderen Gründen eine ähnliche Formel benutzt, mit dem v-Werte 1.3 statt 0.73 und mit der Spalt-

Eine i-Kurve mit einem ausgeprägten Maximum bei einer Wellenlänge von der Grössenordnung von 0.4 bis 0.01 $\mu\mu$ liesse sich selbstverständlich durch Hypothesen ganz verschiedener Art erklären.

Um noch ein Beispiel zu erwähnen, will ich noch kurz auseinandersetzen, wie die i-Kurve aussieht, wenn die Erregung, statt aus einem einzigen Sommerfeldschen Impuls zu bestehen, eine unregelmässige Reihe sehr vieler solcher Impulse ist. Nimmt man bei dieser Voraussetzung die Fouriersche Reihenentwickelung vor, berechnet α_n^2 u. s. w., so ergiebt sich folgendes.

Es liefert jeder Impuls zu dem Werte von Ti ein Glied wie die rechte Seite von 10), je mit seinen eigenen Werten von q, τ und λs. Haben alle Impulse eine gleiche Dauer, so dass τ und λs bei allen gleich sind, so behält also die i-Kurve genau ihre in der Fig. 2 angegebene Gestalt, nur dass die Ordinaten sämtlich proportional vergrössert werden; kommen aber sehr verschieden breite Impulse in der Erregung vor, so wird zwar die i-Kurve noch ein Hauptmaximum zeigen — welches alsdann ungefähr dem 3.7-fachen eines gewissen Mittelwertes der Impulsbreiten entspricht — es wird aber keine weiteren Maxima und Minima geben; die Kurve wird sich kontinuierlich zur Abscissenachse nähern. Alles allerdings nur, falls die Unregelmässigkeit in der Impulsreihe vollkommen, d. h. statistisch regelmässig, ist.

Es erübrigt mir, noch ein Wort zu sagen zur Erklärung der mehrfachen Verbreiterungen im Beugungsbilde. Offenbar weisen diese auf mehrfache ausgeprägte Maxima in der i-Kurve (bei der zuletzt erwähnten erweiterten Sommerfeldschen Hypothese also auf mehrere Impulsreihen von verschiedener mittlerer Breite), welche einzeln hervortreten. Dass diese einzelnen Maxima der i-Kurve verschiedenen Abteilungen der Expositionszeit angehören, ist zwar bei der langen Dauer der Versuche sehr gut möglich; experimentell sichergestellt ist solches dennoch nicht, theoretisch notwendig aber ebensowenig.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Eingegangen 23. Dezember 1900.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

W. Wien (Würzburg): Welche Rolle spielt dabei die Ausdehnung der Lichtquelle? Es ist ja immer eine grössere Fläche, die strahlt.

Wind: Die Ausdehnung der Quelle hat u. a. die Rolle gespielt, dass sie die etwaigen Beugungs-Streifen zum Verschwinden gebracht hat. Man wird die Theorie erweitern können für eine ausgedehnte Fläche als Quelle, wenn man sie einmal für einen Punkt hergeleitet hat. Denn man wird dann die Erscheinungen für die einzelnen Punkte superponieren können; es wird sich dann an den Resultaten wohl etwas ändern, aber es werden, wie ich glaube, wohl ungefähr dieselben Maximalstellen der Verbreiterung herauskommen. Die genaue Rechnung wird ziemlich kompliziert werden; allein ich glaube, dass sie für unsere Versuche kaum einen Sinn hätte, weil es sich dabei immer nur um eine Schätzung handeln kann.[1])

Wiener (Leipzig): Es würde mich interessieren, zu hören, wie der Spalt konstruiert war, und ob verschiedene Röhren mit demselben Spalt verschiedene Bilder geben.

Wind: Der Spalt war zusammengesetzt aus zwei Stücken Platin von $^1/_2$ mm Dicke. Man musste etwas dickes Platin nehmen wegen der Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen; dass dadurch der beugende Schirm nicht verschwindend dünn war, wie es die gewöhnliche Beugungstheorie voraussetzt, wird wohl nicht viel ausmachen. Die Seitenwände des Spaltes, welche eine im Verhältnis zu ihrer gegenseitigen Entfernung ziemlich grosse Breite hatten, waren mit der grössten Sorgfalt plan- und rechteckig zur Schirmfläche abgeschliffen. Die Beschreibung des Spaltes finden Sie übrigens in der Arbeit von Haga und mir. Ein Bild des Spaltes kann ich Ihnen zeigen, weil ich es im Nebenzimmer unter dem Mikroskop ausgestellt habe.

Was die Frage wegen der verschiedenen Röhren betrifft, so werden wir wohl für das hier reproduzierte Beugungsbild mehrere Röhren benutzt haben, denn der eine Versuch hat recht lange (200 Stunden) gedauert. Wenigstens haben bei einigen unserer Versuche wohl während des letzten Teiles der Expositionszeit andere Röhren mitgewirkt als während des ersten Teiles. Übrigens bin ich überzeugt, dass bei derselben Röhre, wenn man 3 bis 4 Beugungsversuche macht, die Bilder, in Bezug auf Zahl, Ort und Stärke der Verbreiterungen, im Allgemeinen nicht genau übereinstimmen werden.

Quincke (Heidelberg): Sie sagen, die Theorie gilt für jede beliebige Breite des Spaltes.[2]) Das gebe ich nicht zu. Das ist nur richtig, so lange das Huyghenssche Prinzip gilt, d. h. so lange die Breite des Spaltes grösser ist, als eine Wellenlänge. Wenn das nicht der Fall ist, so stimmt das nicht.

Dann haben Sie die Konstante γ fortgelassen

---

breite der anfangenden statt der maximalen Verbreiterungen für s; die damals gefundenen Zahlen hätten wir daher jetzt ungefähr mit $\frac{3}{2}$ zu multiplizieren.

1) Sehr gross ist die strahlende Fläche bei den Versuchen freilich nicht gewesen, da doch die Strahlen von der Röhre zuerst einen Spalt von 14 (bezw. 25) μ Breite zu durchsetzen hatten.

2) Es war gesagt worden, dass die Zeichnung Fig. 3 S. 266 für jede beliebige Spaltbreite gelte.

oder mit andern Worten konstant gesetzt. Nun weiss man nicht, ob γ bei einer photographischen Platte ebenso wie bei einer phosphoreszierenden eine Funktion der Wellenlänge ist. Nun würden die Maxima der Wirkung auf die photographische Platte bei konstantem γ oder kontinuierlich sich änderndem γ der Quadratwurzel aus einer mittleren Wellenlänge entsprechen. Wenn γ nicht konstant ist, wird sich das Maximum verschieben. Das ist eine Hauptschwierigkeit bei diesen Messungen.

Darauf darf ich wohl hinweisen, dass Sie eine Spaltbreite benutzt haben, die kleiner noch war nach Ihrer Messung, als die Wellenlänge, die Sie zu einigen Milliontel mm finden.

Wind: Die Spaltbreiten waren 14 bis 2 μ, die Wellenlänge etwa 0,2 $\mu\mu$ und kleiner.

Quincke: Das ist ja die Schwierigkeit. Sie können nur Maxima finden für Wellenlängen, die kleiner sind als die Spaltbreite; denn sonst würde ja hinter dem Spalt eine gleichmässige Verteilung kommen.

Wind: Wir haben angefangen Versuche zu machen unter Verhältnissen, bei denen wir, wenn es sich um Wellenlängen wie die des gewöhnlichen Lichtes gehandelt hätte, Streifen bekommen hätten. Da hat sich nie etwas wie Beugung gezeigt, wenn wir auch allerdings fast ein Jahr lang uns bemüht haben, helle und dunkle Streifen auszumessen, welche sich schliesslich als eine optische Täuschung entpuppt haben. Wir haben dann die Spaltbreite immer verkleinert. Endlich, als wir zu einer Spaltbreite von 7 Mikron gekommen sind, hat sich etwas wie Beugung gezeigt.

Quincke: Bei Ihren dicken Platinplatten können Sie nicht mehr sprechen von Spaltbreite. Eine Schwierigkeit, die ich noch nicht erwähnt habe, ist, dass durch Platin doch eine Menge Energie hindurch geht.

Wind: Das stimmt; einige Energie ist thatsächlich hindurch gekommen und hat den Hintergrund des Spaltbildes verdunkelt; ich glaube aber nicht, dass man diesem Umstande in unserer angenäherten Theorie Rechnung zu tragen braucht.

Sommerfeld (Aachen): Die Übereinstimmung meiner Resultate mit den theoretischen Resultaten Winds spricht dafür, dass die angeregten Bedenken wegen des Huyghensschen Prinzips hier nicht von Belang sind. Die Behandlungsweise, die Herr Wind, und die ich einschlage, haben jede ihre Vorzüge und Nachteile. Noch eines will ich anführen: Herr Wind hatte eine kleine Schwierigkeit zu zeigen, warum die Fransen fortfallen, die man doch zuerst bei der Beugung erwartet. Das kommt bei meiner Behandlung ganz von selbst heraus; denn die Fransen sind charakteristisch für den periodischen Vorgang.

Richarz (Greifswald): Mir scheint, Herr Wind hat zwar der Form nach eine Fouriersche Reihe, der Sache nach aber ein Fouriersches Integral genommen, und wenn das der Fall ist, dann hat er ebenso wenig einen periodischen Vorgang, wie Herr Sommerfeld.

Wind: Ich möchte erwidern, dass ich nicht Fouriersche Integrale, sondern Fouriersche Reihen genommen habe.

Richarz: Ich glaube, Sie machen aber zum Schluss denjenigen Grenzübergang, welcher zum Fourierschen Intregal führt.

Wind: Ich habe gleich im Anfang darauf hingewiesen, dass in Bezug auf meine Anwendung der Fourierschen Entwicklung sich noch vieles sagen liesse; aber ich musste mich hier natürlich beschränken; ich hoffe aber an geeigneter Stelle ausführlicher auf einige Details der hier gegebenen Behandlung des Problems zurückzukommen.[1])

Runge (Hannover): Die mathematische Behandlung mit Hilfe der Impulse ist ganz ebenso allgemein, wie die mit Hilfe der Sinusschwingungen. So, wie Herr Wind von einer Sinuswelle ausgegangen ist, so würde man auch von dem von Herrn Sommerfeld behandelten Impuls ausgehen können und als eine Aneinanderreihung solcher Impulse kompliziertere Fälle behandeln können.

Wind: Gewiss; aber die mathematische Behandlung wird ziemlich schwer werden.

1) Vergl. meine Betrachtungen über die Fouriersche Reihenentwickelung in dieser Zeitschrift **2**, 189, 1900.

BESPRECHUNGEN.

H. B. de Saussure, Versuch über die Hygrometrie. I. Heft. Ostwalds Klassiker, No. 115. 168 Seiten, 1 Tafel. Leipzig 1900. Herausgegeben von A. H. v. Oettingen. Mk. 2.60.

Es ist mit grosser Freude zu begrüssen, dass ein so klassisches Werk, wie Saussures Versuch der Hygrometrie unter die bewährte Ausgabe der Klassiker aufgenommen worden ist. Abgesehen davon, dass das Haarhygrometer in Saussures Form heute noch ein vom amtlichen Dienst aller europäischen Staaten adoptiertes Instrument ist, so sind auch die Abhandlungen, durch die sein Erfinder es in die Gelehrtenwelt einführte, kennzeichnend für die

Physik um die Wende des 18. zum 19. Jahrhunderts. Die Meteorologie stand damals im Vordergrunde des Interesses sowohl der Fach- als der Laienwelt. Die ersten Geister der Nation widmeten ihr eingehende Studien, so Achim von Arnim, Chamisso, Goethe, der ein ganzes Lehrbuch der Meteorologie schrieb, A. v. Humboldt, Friedrich II., der eine Windtheorie entwickelte u. a. Dazu kommt, dass zu dieser Zeit Lavoisiers Ideen über die chemische Konstitution der Materie und Rumfords Forschungen über das Wesen der Wärme gegen die alten Theorien durchzudringen begannen und damit auch die bisherigen Anschauungen über die Konstitution der Atmosphäre sich umgestalten mussten. So sehen wir den Kampf zwischen alten und neuen Anschauungen auch durch Saussures Versuch der Hygrometrie hindurchgehen. Er spricht noch von einer Kälte im Gegensatz zur Wärme, von brennbarer und fixer Luft und hält die „Feuchte" der Luft für chemisch mit der Luft verbunden. Die Begriffe der Dampfspannung und der relativen Feuchtigkeit sind ihm fremd. Durch alles dies wird die Saussuresche Hygrometrie für die Entwicklungsgeschichte der einschlägigen physikalischen Begriffe ausserordentlich wertvoll.

Unter anderen hatte auch de Luc zur gleichen Zeit sich eine Theorie der Luftfeuchtigkeit erdacht, und so sehr stand die Frage damals im Vordergrunde des Interesses, dass über die verschiedenen „Regentheorien" nunmehr unter Fachleuten und Laien ein grosser Streit entbrannte. Leider hat die falsche Theorie de Lucs die Forschung lange gehemmt, namentlich da ein so angesehener Physiker, wie der Göttinger Gelehrte Lichtenberg, sie in einem kleinen Werke verteidigte (Verteidigung des Hygrometers und der de Lucschen Theorie vom Regen. Göttingen 1800). Dadurch ist der Verbreitung der Saussureschen Ideen ein grosser Widerstand entgegengesetzt worden. Es sei noch bemerkt, dass A. v. Arnim in einem Beitrag zur Berichtigung des Streites über die ersten Gründe der Hygrologie und Hygrometrie (Gilberts Ann. **2**, 308, 1800) die verschiedenen Theorien zu kritisieren versuchte, dabei aber die einzig richtige — der freien Co-existenz zwischen Wasserdampf und Luft — als unwahrscheinlich absichtlich ausser acht liess.

Ausserdem ist Saussures Hygrometrie auch charakteristisch für die damalige Verwendung des Experimentes. Es hat lediglich Vermutungen zu bestätigen, und wird deshalb nur wenige Male ausgeführt.

Die dem Büchlein mitgegebenen Anmerkungen des Herausgebers schildern auf klare und deutliche Weise den Unterschied zwischen der heutigen und der Anschauung vor hundert Jahren und machen auf die Fehlschlüsse Saussures aufmerksam.

Potsdam. A. Nippoldt, jun.

(Eingegangen 14. Januar 1901.)

73. Naturforscherversammlung zu Hamburg 1901.

Röntgenausstellung.

Gelegentlich der in diesem Jahre in Hamburg tagenden **73. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte** wird im physikalischen Staatslaboratorium daselbst (Jungiusstrasse) eine das ganze Röntgenfach umfassende, vom 22.—29. September dauernde Ausstellung stattfinden. Um die letztere möglichst einheitlich und vollständig zu gestalten, soll ihr das unten stehende Programm zu Grunde gelegt werden.

Im Auftrage des Komitees ist die Leitung der Ausstellung in ihrem wissenschaftlichen Teil von Dr. Albers-Schönberg, Dr. Walter und Dr. Hahn, sowie in ihrem litterarischen Teil von der Verlagsbuchhandlung Lucas Gräfe & Sillem übernommen worden.

Es wird von der gesamten Ausstellung ein Katalog gedruckt werden, für welchen die Aussteller möglichst frühzeitig ihre Notizen einsenden wollen.

Eine ausführliche kritische Besprechung der Ausstellung wird in den „Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen" stattfinden.

Platzmiete wird nicht erhoben, dagegen haben die Aussteller für die Feuerversicherung selbst zu sorgen. Desgleichen haben sie, soweit es sich um grosse Apparate handelt, das Ein- und Auspacken sowie das Aufstellen selbst zu veranlassen. Letzteres kann auf besonderen Wunsch und gegen Erstattung der Selbstkosten auch von den Leitern der Ausstellung besorgt werden. Die letzteren übernehmen indessen in diesem Falle keine Verantwortlichkeit. Anmeldungen, Anfragen, Korrespondenzen u. s. w. sind an die Redaktion der Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen Dr. Albers-Schönberg Esplanade 38, Hamburg, zu richten.

Programm.

Die Ausstellung zerfällt in einen physikalisch-technischen und einen medizinischen Teil. Hiermit wird eine möglichst umfassende Auslage der Röntgenlitteratur verbunden sein. Im Bedarfsfalle wird Gelegenheit zu Vorführungen mittels Skioptikon gegeben werden.

I. Physikalisch-technischer Teil.

Durch Ausstellung neuester Induktoren- und Unterbrechertypen, sowie durch Vorführung der letzteren im Betriebe soll ein Vergleich derselben untereinander ermöglicht werden. Besonderer Wert wird auch auf Apparate für Wechselstrombetrieb, Stereoskop-Apparate, sowie auf leicht transportable besonders für Kriegszwecke eingerichtete Instrumentarien gelegt werden.

Für die Aussteller stehen Gleichstrom bis zu 220 Volt und Wechselstrom von 120 Volt Spannung zur Verfügung.

Ferner sollen Röhren, besonders auch solche für hohe Beanspruchung, seitens der Aussteller im Betriebe gezeigt werden. Besonderer Wert wird auf weiche Röhren mit Vakuumregulierung, wie solche vorwiegend für Behandlungszwecke gebraucht werden, gelegt werden.

Endlich kommen auch die Hilfsapparate, wie Röhrenhalter, Bleiblenden, Kassetten, Lagerungstische, Verstärkungsschirme u. s. w., zur Ausstellung.

II. Medizinischer Teil.

Dieser Teil der Ausstellung soll zeigen, was das Röntgenverfahren bisher in der Diagnostik und der Therapie geleistet hat. Es sollen vorwiegend solche Bilder, Originalplatten oder

Diapositive ausgestellt werden, deren Herstellung entweder mit technischen Schwierigkeiten verbunden oder deren medizinische Bedeutung besonders gross ist.

1. Aus dem Gebiet der inneren Medizin.

Herzaufnahmen. Lungenaufnahmen besonders bei Lungentuberkulose. Magen und Ösophagus. Nachweis von Gallen-, Nieren- und Blasensteinen. Echinokokkenblasen. Tumoren. Gicht. Stereoskopische Bilder.

2. Aus dem Gebiet der Chirurgie.

Wirbelsäulen und Beckenverletzungen. Schädelverletzungen. Osteomyelitis. Tuberkulose. Syphilis. Tumoren der Knochen, letztere vier Erkrankungen mit besonderer Berücksichtigung der Differentialdiagnose. Schädelaufnahmen. Eiterungen im Antr. Highmori. Stereoskopische Bilder.

3. Aus dem Gebiet der Zahnheilkunde.

Anomalien im Zahnwechsel und Zahnstellung. Zahnerkrankungen. Wurzelerkrankungen. Kiefererkrankung.

4. Aus dem Gebiet der Röntgentherapie.

Bilder oder Moulagen der unbehandelten und behandelten Patienten, bei den bisher der Röntgentherapie zugänglichen Krankheiten.

Jedem Bilde muss ein kurzer Bericht angeheftet werden, welcher über die Art und Dauer der Erkrankung, Eintritt und Art der Reaktion, ferner über die Art und Weise der Behandlung Aufschluss giebt. In Bezug auf letztere ist anzugeben:

1. Qualität der Röhren (Fabrikant, ferner ob hart, mittelweich, weich oder sehr weich).
2. Art des Unterbrechers, sowie ungefähre Zahl der Unterbrechungen in der Sekunde.
3. Funkenlänge der Röhre, welche zur Anwendung gekommen ist.
4. Röhrenabstand.
5. Dauer der Einzelsitzung.
6. Gesamtzahl der Sitzungen.

Bei der Therapie zur Verwendung kommende Hilfsapparate u. s. w., Schutzmasken und Schutzvorrichtungen können ebenfalls ausgestellt werden.

Im Anschluss an die obige Mitteilung sei noch darauf hingewiesen, dass im ausserordentlichen Etat des preussischen Kultusministeriums für 1901 die Universitäten reichlich bedacht worden sind. Es besteht danach im besonderen das Bedürfnis, die Kliniken und die physikalischen Institute der Universitäten mit Röntgenapparaten auszurüsten und die vorhandenen zu vervollkommnen. Es sollen nämlich den betreffenden Instituten ausser den bereits hierzu zur Verfügung stehenden Mitteln in diesem Jahre noch Zuschüsse gewährt werden und sind zu diesem Zwecke 20000 Mk. in den Etat von 1901 eingestellt worden.

In der Annahme nun, dass die genannten Institute gerade in diesem Jahre ein besonders lebhaftes Interesse an einer, einen Vergleich ermöglichenden Ausstellung der anzuschaffenden Apparate haben werden, wird an dieselben ein Abdruck dieser Anzeige gesandt werden, ebenso aber auch an alle irgendwie in Betracht kommenden Fabrikanten derartiger Apparate.

Es seien schliesslich beide Teile noch einmal darauf aufmerksam gemacht, dass alle Apparate in Funktion vorgeführt werden sollen.

Hamburg, Januar 1901.

Dr. Albers-Schönberg. Dr. Walter. Dr. Hahn.
Lucas Gräfe & Sillem.

Tagesereignisse.

Der Vorsitzende der Londoner Röntgen-Gesellschaft hat eine goldene Medaille gestiftet, die für die beste Röntgenröhre zu photographischen Aufnahmen, wie zu Beobachtungen mit Schirm verliehen werden soll. Die Bewerbung steht Fabrikinhabern jedes Landes frei und ist durch Einsendung der betreffenden Röhre an die Röntgen-Gesellschaft bis zum 1. Mai geltend zu machen.

Die Stiftung Schnyder von Wartensee für Kunst und Wissenschaft in Zürich schreibt folgende Preisaufgabe aus dem Gebiete der Naturwissenschaften aus: „Das Klima der Schweiz, zu bearbeiten auf Grundlage der jetzt 37jährigen Beobachtungen der schweizerischen meteorologischen Stationen, sowie älterer Beobachtungsreihen.“ Die Arbeiten sind bis spätestens 30. September 1903 an das Präsidium des Konventes der Stadtbibliothek Zürich in der üblichen Form einzureichen; der Preis für die beste Lösung beträgt 3500 Fr. An der Preisbewerbung können sich Angehörige aller Nationen beteiligen.

Personalien.

Die Helmholtz-Medaille der Akademie der Wissenschaften zu Berlin ist dem greisen englischen Physiker Sir George Gabriel Stokes in Cambridge verliehen worden.

Der ausserordentliche Professor der Mathematik und Physik an der Wiener Hochschule für Bodenkultur Dr. Oskar Simony ist zum ordentlichen Professor dieser Fächer an der genannten Hochschule ernannt worden.

Dr. Robert Pschorr hat sich an der Universität Berlin als Privatdozent für Chemie habilitiert.

An der Universität Tübingen hat sich Dr. Otto Dimroth als Privatdozent für Chemie habilitiert.

Der Privatdozent der Mathematik der Technischen Hochschule zu Karlsruhe Dr. Martin Disteli ist zum ausserordentlichen Professor ernannt worden.

Bei Paris starb der bekannte Elektriker Gramme, der Erfinder des Grammeschen Ringes.

Professor W. Nernst in Göttingen, Professor v. Linde und Professor M. Th. Edelmann an der technischen Hochschule in München haben auf der Pariser Weltausstellung den Grand prix erhalten.

An der Technischen Hochschule Dresden habilitierte E. Müller für Elektrochemie und physikalische Chemie, Lottermoser für Chemie. Maschinenbauprofessor E. Müller Hannover wurde als Nachfolger des verstorbenen Geheimer Regierungsrates Hartig berufen.

Privatdozent der Mathematik an der Technischen Hochschule Karlsruhe M. Disteli erhielt den Charakter eines ausserordentlichen Professors.

Die Vorlesungen des verstorbenen Professors E. Ketteler an der Akademie zu Münster sind für das laufende Semester Herrn Dr. M. Reinganum übertragen worden.

Den Titel eines Geheimen Regierungsrates erhielten ordentlicher Professor der Physiologie an der Universität Berlin H. Munk und der ausserordentliche Professor der pharmazeutischen Chemie an der gleichen Universität A. Pinner.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 20. 16. Februar 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über das Flammenbogenspektrum einiger Metalle unter dem Einfluss einer Wasserstoffatmosphäre.

Von H. Crew.[1])

Es ist eine bekannte Thatsache, dass bei der Mehrzahl der Elemente, bei denen Serien durch Kayser, Runge und andere entdeckt worden sind, Linien erscheinen, welche nicht zu den Serien gehören. Ja bei der grossen Mehrzahl der Elemente sind die Flammenbogenspektren so kompliziert, dass Serien bisher überhaupt nicht entdeckt worden sind. Die nachfolgende Untersuchung wurde unternommen, um diese komplizierten Spektra in zwei Teile zu trennen.

Eine 100-Volt Lampe zwischen Metallspitzen wurde in einen metallischen, luftdicht schliessenden Kasten eingeschlossen, welcher eine mit einer Quarzlinse verschlossene Öffnung enthielt und in welchen elektrolytischer Wasserstoff in Ueberschuss geleitet wurde. Die Quarzlinse warf ein Bild des metallischen Flammenbogens auf den Spalt eines Spektrographen, welcher ein Rowlandsches Konkavgitter von 10 Fuss Radius enthielt. Die so erhaltenen Spektra, von Zink, Magnesium und Eisen, unterschieden sich in charakteristischer Weise von den Spektren derselben Metalle, welche durch einen Flammenbogen in Luft erhalten wurden. Im allgemeinen war die Intensität in Wasserstoff geringer, eine Thatsache, welche schon seit längerer Zeit bekannt ist, welche uns aber kein Kriterium liefert, um die komplizierten Spektra in Unterabteilungen zu trennen.

Die interessanteste Wirkung der Wasserstoff-Atmosphäre ist die Änderung der relativen Intensität unter den Linien einer und derselben Substanz. Bei einigen Linien wird dieselbe relativ erhöht, bei andern relativ geschwächt und bei einigen bleibt die Intensität unverändert.

Beim Vergleich des Bogen- und Funkenspektrums der drei untersuchten Metalle ergab sich folgendes:

1. Alle Linien im Bogenspektrum, welche durch Wasserstoff beeinflusst werden, gehören ebenfalls dem Funkenspektrum an.
2. Alle Linien, welche Kayser und Runges Serien angehören, bleiben unverändert, wenn der Flammenbogen in Wasserstoff anstatt in Luft brennt.

Wenn diese Serien ebenso stabil in anderen Gasen bleiben, so wird vielleicht die Unveränderlichkeit ein Kriterium bilden, um ein Spektrum in zwei Gruppen zu teilen, von denen die eine alle Serienlinien, die andere keine derselben enthält.

Der Verfasser hat bisher noch keine genügende Erklärung für diese Erscheinungen zu geben vermocht.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 17. Dezember 1900.)

1) Ausführlich in The Astrophys. Journ. **12**, 167, 1900.

Über Rowlands neue Methode, elektrische Absorption und Energieverluste durch Hysteresis zu messen, sowie Kurzschlüsse in Spulen nachzuweisen.

Von L. M. Potts.[1])

Die Methode zur Messung dieser Grössen wurde eingehend geprüft und die elektrische Absorption in einigen Kondensatoren mit Hilfe dieser Methode untersucht.

1) Ausführlich in The Americ. Journ. of Science **10**, 91, 1900.

1) Elektrische Absorption. Aus Maxwells Theorie der Zug- und Druckkräfte im Dielektrikum bei der Anwendung einer harmonischen elektromotorischen Kraft ergiebt sich, dass ein Kondensator, dessen dielektrische Eigenschaften nicht homogen sind, parallel mit einem gewissen Widerstande geschaltet, als eine Kapazität wirkt und dass der Wert der Kapazität und des Widerstands eine Funktion der Stromperiode ist.

Die Anordnung bestand im wesentlichen aus einer Wheatstoneschen Brücke. Drei Zweige enthielten reine Ohmsche Widerstände, die vierte den Kondensator, dessen elektrische Absorption untersucht werden sollte und parallel damit waren die festen Spulen eines Elektrodynamometers geschaltet. Im Querzweig befindet sich die bewegliche Spule des Elektrodynamometers. Die Widerstände in den Zweigdrähten seien R_1, R_2, R_3, R_4 und im Querzweig r, die Selbstinduktion im Zweig 1 sei L und im Querzweig l und die Kapazität im Zweig 1 sei c, so gilt als Bedingung dafür, dass kein Ausschlag des Elektrodynamometers stattfindet

$$R_1 = \frac{R_2 R_4}{R_3} + \left(\frac{l}{c} - b^2 lL\right) \frac{R_3 + R_4}{R_1(R_2+R_3)+r(R_3+R_4)},$$

wo R_1 der Ohmsche Widerstand im Zweig 1 bei Anwendung eines Wechselstroms mit der Periode $b/2\pi$ bedeutet, d. h. welche Energie in Zweig 1 gebraucht wird, abgesehen von der, welche zur Erhitzung des Drahtes dient, wird durch einen Wert R gegeben sein, welcher grösser ist, als der entsprechende für einen direkten Strom. Sei R_1 der Wert für den direkten Strom, so wird $R'_1 - R_1'$ der von elektrischer Absorption, Hysteresis, gegenseitiger Induktion oder sonstiger Arbeit herrührende Widerstand sein.

Die Periode des Stromes wurde mittels eines Chronographen ermittelt. Fehler, welche durch elektrostatische Wirkung und gegenseitige Induktion hervorgerufen wurden, wurden sorgfältig vermieden. Ausserdem wurden verschiedene andere Fehlerquellen untersucht und ihr Betrag bestimmt.

Zwei Arten von Kondensatoren wurden benutzt (Wachspapier und Glimmer). Es ergab sich, dass für den Wachspapier-Kondensator der Wert von A/T eine Konstante war, wenn A der Wert der elektrischen Absorption in Ohm und T die Periode des Stromes war, mit der t gemessen wurde. Für verschiedene Werte und Verhältnisse des Widerstandes in den Zweigen der Brücke war A/T konstant; dasselbe gilt für verschiedene elektromotorische Kräfte. Mit steigender Temperatur nimmt A/T stark zu. Für den Glimmer-Kondensator ergab sich eine nach oben schwach konkav gekrümmte Kurve, welche extrapoliert durch den Ursprung ging.

Eine ähnliche Anordnung wurde behufs Untersuchung der Kapazität angewandt. Die letztere wurde nämlich mit der Selbstinduktion einer Spule verglichen. In den einen Zweig eines Stromkreises wurde eine Spule und ein Satz von Spulen des Elektrodynamometers parallel geschaltet, im andern Zweige befand sich ein Kondensator und die andere Spule des Elektrodynamometers. Sind R_a und R_b die Widerstände der Zweige, c der Wert der Kapazität, L der Wert der Selbstinduktion in dem einen Zweig und l der der Elektrodynamometerspulen in dem andern, so gilt als Bedingung dafür, dass kein Ausschlag stattfindet

$$c = \frac{L}{R_a R_b}(1 - b^2 c l).$$

Bei der Untersuchung der elektrostatischen Wirkung der Windungen der Spule aufeinander ergab sich, dass eine Spule von 5,3 Henrys (238 cm Durchmesser, 3700 Windungen) eine elektrostatische Wirkung ausübte, welche einer Kapazität von ungefähr 0,006 M. F. entsprach. Wegen der Kleinheit dieser Grösse konnte bei dieser Untersuchung dies Korrektionsglied vernachlässigt werden. Durch eine Reihe von Messungen wurde festgestellt, dass die Grösse, um die R_a und R_b wegen der elektrischen Absorption korrigiert werden musste, sehr genau bestimmt werden konnte. Die Kapazität des Wachspapierkondensators enthielt ein Glied, welches etwas weniger schnell als die Quadratwurzel der Periode zunahm. Für eine Änderung der Periode von 0,015 bis 0,16 änderte sich die Kapazität von 7,480 bis 7,719 M. F.

2) Kurzschlüsse in Spulen. Die oben beschriebene Methode der Messung der elektrischen Absorption ist ausserordentlich geeignet, um Kurzschlüsse in Spulen aufzufinden. Man braucht nur den Kondensator durch eine Spule mit einem Durchmesser, welcher gleich dem der zu untersuchenden Spule ist, zu ersetzen. Die Brücke wird stromlos gemacht und die zu untersuchende Spule auf die andere gelegt. Findet in derselben ein Kurzschluss statt, so tritt sofort ein Ausschlag ein, welcher von der Zunahme des effektiven Widerstandes in diesem Zweige wegen der zur Hervorrufung des induzierten Stromes in der Spule verbrauchten Energie herrührt: mit Hilfe dieser Methode lässt sich leicht ein Kurzschluss, oder sogar ein partieller Kurzschluss zwischen zwei Windungen selbst in kleinen Spulen von dünnen Drähten nachweisen.

3) Verluste durch Hysteresis und Foucault-Ströme. Um die durch Hysteresis und Foucault-Ströme hervorgerufenen Verluste zu messen, wurde das Eisen in der Gestalt von Transformatorblech um eine Spule in Arm 1 der Brücke gelegt. Die Hysteresis ergiebt sich dann als ein Ohmscher Widerstand in einer ähnlichen Weise, wie bei der elektrischen Absorption. Der magnetisierende Strom und die Induktion im Eisen können dann leicht durch

eine kleine Probespule in Verbindung mit einem Elektrodynamometer gemessen werden und aus der Stromstärke und dem Hysteresis-Widerstand lässt sich der Energieverlust leicht berechnen.

Es ergiebt sich somit, dass wir hier eine ausgezeichnete Methode zur Untersuchung der elektrischen Absorption in Kondensatoren haben. Die Methode zur Untersuchung der Hysteresis eignet sich besonders für Wechselstrominstrumente, welche Eisen enthalten, da durch eine Messung des Hysteresis-Widerstandes in Verbindung mit der Selbstinduktion für die Stromstärke und Periode, bei welcher das Instrument gerade benutzt wird, alle Daten zur Berechnung ihrer Wirkung gegeben sind.

John Hopkins University, Baltimore.
6. Dezbr. 1900.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 28. Dezember 1900.)

Eine Methode zur Untersuchung des Polarisationszustandes von ultraviolettem Lichte.

Von W. Voigt.

Seit einiger Zeit wird in dem hiesigen physikalischen Institut eine zum Teil wenigstens neue Methode zur Untersuchung des Polarisationszustandes, besonders von ultraviolettem Licht angewendet. Da dieselbe sich bei der in Gang befindlichen Bestimmung der optischen Konstanten einiger Metalle für weite Bereiche der Wellenlängen recht gut bewährt hat und auch bei anderen Untersuchungen nützlich sein kann, will ich sie hier unter Zufügung der Grundzüge ihrer Theorie kurz auseinandersetzen; eine ausführlichere Darstellung wird an einer anderen Stelle gegeben werden.

Die Methode verlangt ausser einem Analysator (Nikol oder Planspiegel) zwei Doppelkeile aus Quarz (von ca. 15 mm im Quadrat Fläche). Der eine, der weiterhin N heisse, besteht aus zwei normal zur optischen Achse geschliffenen Keilen von gleichen Keilwinkeln, deren einer einem rechts- der andere einem linksdrehenden Krystall entnommen ist; der andere weiterhin mit P bezeichnete ist aus zwei gleichwinkeligen Keilen hergestellt, die parallel zur optischen Achse geschliffen sind, und zwar so, dass in dem einen die Achse parallel, in dem anderen normal zur Keilkante liegt. Die Keile jedes Paares sind derartig zusammengekittet, dass sie zwei planparallele Platten bilden, die beiden Platten N und P aber sind derartig zusammengefügt, dass die Grundflächen der beiden Paare einander parallel, ihre Keilkanten aber zu einander normal liegen. Um die Vorstellung zu fixieren, möge das Keilpaar P mit seinen Kanten parallel der Y-Achse, also vertikal und zwar genauer, so aufgestellt sein, dass für den Beschauer die relative Verzögerung $\delta = \xi - \eta$ eines horizontal polarisierten Strahles gegen einen vertikal polarisierten von links nach rechts zunimmt. Das Keilpaar N mit zur X-Achse parallelen, also horizontalen Keilkanten möge dagegen so stehen, dass die relative Verzögerung $\Delta = \varrho - \lambda$ eines rechts rotierenden gegen einen links rotierenden Strahl und somit die positive Drehung einer durch N hingehenden lineärpolarisierten Welle von unten nach oben wächst.

Die Erscheinung gestaltet sich etwas verschieden, je nachdem das zu untersuchende homogene, im allgemeinen Falle elliptisch polarisierte Licht zuerst die Platte N oder zuerst die Platte P trifft.

1. Trifft die Welle zuerst die Platte P, so stellt man sie am besten durch die zwei lineären Komponenten

$$u = a \cos(T - \alpha),\quad v = b \cos(T - \beta) \qquad 1)$$

nach den Koordinatenachsen dar, in deren Ausdrücken $T = 2\pi/\tau$ und τ die Periode ist, a, b, α, β aber Konstanten bezeichnen. Nach dem Durchgang durch P haben dieselben (wenn von der Schwächung durch Reflexion abgesehen wird) die Werte

$$u_1 = a \cos(T - \alpha - \xi),\quad v_1 = b \cos(T - \beta - \eta),$$

nach dem Durchgang durch N dagegen

$$u_2 = u_1 \cos\vartheta - v_1 \sin\vartheta,\quad v_2 = u_1 \sin\vartheta + v_1 \cos\vartheta,$$

wobei ϑ die Grösse des Drehungswinkels in der Platte N bezeichnet.

u_1, v_1 ergeben lineär polarisiertes Licht überall, wo gilt

$$(\alpha + \xi) = h\pi + (\beta + \eta)$$
$$\text{oder}\quad \alpha - \beta = h\pi - (\xi - \eta),$$

was sich bei Einführung der früheren Bezeichnung δ und der Abkürzung $\alpha - \beta = \Theta$ auch schreibt

$$\delta + \Theta = h\pi. \qquad 2)$$

Da die Platte N den Charakter der Polarisation nicht ändert, so giebt die letzte Formel zugleich auch die Stellen an, wo das durch u_2 und v_2 charakterisierte aus N austretende Licht lineär schwingt.

Die lineäre Resultante aus u_1 und v_1 hat gegen die X-Achse ein Azimut χ, gegeben durch $tg\,\chi = b/a$; die Resultierende aus u_2 und v_2 liefert ein Azimut

$$\psi = \chi + \vartheta, \qquad 3)$$

worin ϑ die obige Bedeutung besitzt.

Da die Grössen χ und Θ durch den Polarisationszustand des einfallenden Lichtes bestimmt sind, so wollen wir sie als gegebene Grössen betrachten und können dann das Verhalten des

aus der Plattenkombination $(P+N)$ austretenden Lichtes folgendermassen beschreiben (vgl. Fig. 1).

Es sei auf der Plattenkombination derjenige Punkt mit C bezeichnet, wo die Keile jedes Paares gleiche Dicke haben, wo die Kombination $(P+N)$ daher keine Wirkung übt. Durch diese Stelle werde horizontal die Achse der δ, vertikal die Achse der ϑ konstruiert. Zur ϑ-Achse zeichne man die beiden Parallelensysteme $\delta+\Theta=\pm 2h\pi$ (in der Figur ausgezogen) und $\delta+\Theta=\pm(2h+1)\pi$ (punktiert); zur δ-Achse die Parallensysteme $\vartheta-\chi=\pm k\pi$ (ausgezogen) $\vartheta+\chi=\pm k\pi$ (punktiert). Dabei ist sowohl für h als für k die Reihe der positiven ganzen Zahlen zu setzen.

Das System der zur ϑ-Achse parallelen Geraden ist nach dem oben Gesagten der geometrische Ort lineärer Polarisation; die Schnittpunkte der beiden gleich gezeichneten Linienscharen geben die Orte, denen ein Azimut $\psi=\pm n\pi$ entspricht; zwischen ihnen in der Mitte liegen die Azimute $\psi=\pm(2n+1)\pi/2$.

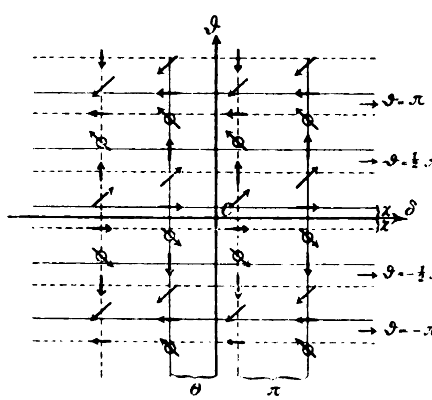


Fig. 1.

Fig. 1 giebt eine Vorstellung von der Verteilung; die angebrachten Pfeile veranschaulichen die Polarisationsazimute des aus der Plattenkombination $(P+N)$ austretenden lineärpolarisierten Lichtes.

Betrachtet man die Plattenkombination durch den Analysator, so wird dasjenige System diskreter Punkte absolut dunkel erscheinen, für welches die entsprechende Polarisationsrichtung zu derjenigen des Analysators normal steht; halbiert z. B. die Polarisationsrichtung des Analysators den ersten Quadranten, so werden die in der Figur mit ⊙ bezeichneten Stellen dunkel sein. Eine Drehung des Analysators lässt die Nullstellen auf den vertikalen Geraden wandern.

Hält man den Analysator in seiner Stellung fest und verändert stetig den Polarisationszustand des einfallenden Lichtes, d. h. die Grössen von Θ und χ, so verschieben sich die dunkeln Stellen in allgemeinerer, aber aus dem oben Gesagten leicht ersichtlichen Weise. Dabei können sie sich gelegentlich ausdehnen oder zusammenziehen; insbesondere verschmelzen sie in dem speziellen Fall, dass das einfallende Licht lineär nach einer der Hauptrichtungen der Platte P polarisiert ist, in äquidistante horizontale Streifen.

Geht man von einem beliebig gewählten Normalzustand des einfallenden homogenen Lichtes aus, z. B. von Licht, welches lineär nach dem Azimut $+45^0$ polarisiert ist und stellt hierfür die Lage einer Reihe von Nullstellen der Intensität auf dem Plattenpaar $(P+N)$ fest — etwa indem man ihre Koordinaten in Bezug auf ein auf der Platte aufgezeichnetes zu δ und ϑ paralleles Koordinatenkreuz X und Y misst, so kann man den Polarisationszustand beliebig gegebenen auf das System $(P+N)$ auffallenden Lichtes gleicher Farbe in einfachster Weise ableiten, indem man die diesem zugehörigen Lagen der Nullstellen bestimmt. Die Verschiebungen der Nullstellen gegen ihre Normallagen parallel zur X- und Y-Achse gestatten in der That, wie die vorstehende Theorie der Erscheinung zeigt, sowohl das Achsenverhältnis als die Lage der Schwingungsellipse des untersuchten Lichtes zu berechnen.

Am bequemsten ist es, wenn man die mit dem Achsenkreuz versehene Austrittsfläche des Systemes $(P+N)$ mit Hilfe des hindurchgehenden Lichtes photographiert. Bei hinreichend langem Exponieren bilden die Nullstellen der Intensität auf dem Negativ sehr kleine helle Flecke, deren Koordinaten relativ zu dem XY-Achsenkreuz sich mit recht erheblicher Genauigkeit ausmessen lassen. Die Methode gestattet mit Quarzlinsen und mit Nikolschen Prismen die Anwendung bis nahe an die Wellenlänge $\lambda=0{,}3\,\mu$.

Auf die Fehlerquellen der Methode und ihre Elimination wird an einer anderen Stelle eingegangen werden.

2. Trifft die einfallende Welle zuerst die Platte N, so stellt man sie für unsere speziellen Zwecke am einfachsten als die Resultierende aus zwei zirkularpolarisierten Schwingungen dar, indem man schreibt

$$\begin{aligned} u &= \quad m\cos(T-\mu)+n\cos(T-\nu),\\ v &= -m\sin(T-\mu)+n\sin(T-\nu); \end{aligned} \qquad 4$$

dabei entsprechen die ersten Glieder einer **rechten**, die zweiten einer **linken** Rotation. Nach dem Durchgang durch die ganze Kombination $(N+P)$ wird hieraus bei Benutzung der früheren Bezeichnungen

$$\begin{aligned} u_2 &= \quad m\cos(T-\mu-\varrho-\xi)\\ &\quad+n\cos(T-\nu-\lambda-\xi),\\ v_2 &= -m\sin(T-\mu-\varrho-\eta)\\ &\quad+n\sin(T-\nu-\lambda-\eta). \end{aligned} \qquad 5)$$

Die Bedingung dafür, dass die hierdurch gegebene Schwingung lineär ist, lautet
$(n^2-m^2)ctg(\xi-\eta)=2mn\sin((\mu-\nu)+(\varrho-\lambda))$; 6)
ist sie erfüllt, so hat die Polarisationsrichtung ein Azimut ψ gegen die X-Achse, gegeben durch

7) $(m^2+n^2)\cos 2\psi=+2mn\cos((\mu-\nu)+(\varrho-\lambda))$.

Kürzt man ab

8) $$\frac{n^2-m^2}{2mn}=D,\quad \frac{m^2+n^2}{2mn}=S,$$

wobei

9) $S^2-D^2=1$ also $S^2>1$

ist, und

10) $\xi-\eta=\delta,\quad \varrho-\lambda=\Delta,\quad \mu-\nu=\varphi,$

so erhält man

11) $D\,ctg\,\delta=\sin(\varphi+\Delta)$,

12) $S\cos 2\psi=\cos(\varphi+\Delta)$.

Führt man, wie oben, auf dem Plattenpaar $(N+P)$ ein Koordinatensystem ein mit dem Anfang im wirkungslosen Punkt C der Kombination, und trägt man auf der Abscissenachse die Verzögerungen δ, auf der Ordinatenachse aber die Verzögerungen Δ (die das Doppelte der früher benutzten Drehungen ϑ darstellen) auf, so kann man die durch die Gleichung (11) dargestellten Kurven linearer Polarisation folgendermassen konstruieren (s. Fig. 2).

D und φ sind durch den Polarisationszustand des einfallenden Lichtes bestimmt, also als gegeben anzusehen. Man ziehe nun zur δ-Achse zwei Systeme von Parallelen mit den Gleichungen $\varphi+\Delta=+k\pi$ (in der Figur eingezogen); und $\varphi+\Delta=\pm(2h+1)\pi/2$ (punktiert). Diese kreuze man durch zwei Systeme von Parallelen zur Δ-Achse von den Gleichungen $\delta=\pm(2h+1)\pi/2$ (ausgezogen) und $\delta=\pm h\pi$ (punktiert).

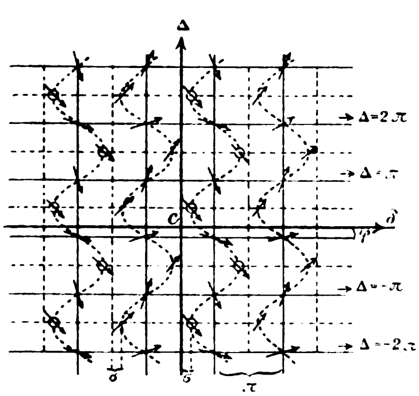


Fig. 2.

Es genügen dann die Schnittpunkte der beiden Scharen ausgezogener Graden der Gleichung (11), gehören also den Kurven lineärer Polarisation zu. Ein anderes System ihrer Punkte erhält man, wenn man auf den Geraden $\varphi+\Delta=(4h+1)\pi/2$ die Punkte $tg\,\delta=D$ und auf den Geraden $\varphi+\Delta=(4h+3)\pi/2$ die Punkte $tg\,\delta=-D$ aufträgt. Die Strecke σ in der Figur soll dabei den zwischen 0 und $\frac{1}{2}\pi$ liegenden Wert von $arctg\,D$ (positives D vorausgesetzt) darstellen.

Nach Festlegung dieser Punkte giebt die Diskussion der allgemeinen Formel (11) den Verlauf der Kurven linearer Polarisation etwa so, wie sie in der Figur 2 eingetragen sind.

Das Polarisationsazimut ψ, das den Punkten dieser Kurven entspricht und das man zwischen die Grenzen $+\frac{1}{2}\pi$ und $-\frac{1}{2}\pi$ einschliessen kann, folgt dabei aus der Gleichung (12); setzt man in ihr $1/S=\cos 2\omega$, wobei $0<\omega<\frac{1}{4}\pi$ sein möge, so ergeben sich für ψ die Umgleichungen $\omega<\psi<\frac{1}{2}\pi-\omega$ und $-\omega>\psi>-\frac{1}{2}\pi+\omega$. Auf jeder der in Figur 2 gezeichneten Kurven schwankt ψ einer dieser Umgleichungen gemäss und zwar finden die Werte $\psi=\pm\omega$ für $\varphi+\Delta=2h\pi$, die Werte $\psi=\pm(\frac{1}{2}\pi-\omega)$ für $\varphi+\Delta=(2h+1)\pi$, die Werte $\psi=\pm\frac{1}{2}\pi$ für $\varphi+\Delta=(2h+1)\pi/2$ statt.

Auf welchen Kurven das eine, auf welchen das andere Wertsystem Geltung hat, erkennt man am einfachsten aus den Formeln (5), indem man sie auf die Schnittpunkte beider Kurvenscharen mit der Geraden $\varphi+\Delta=0$ anwendet, die bei $\delta=+(2h+1)\pi/2$ liegen. Nach (10) ist in denselben

$\mu+\varrho=\nu+\lambda=\varkappa,\quad \xi=\eta+(2h+1)\pi/2,$ 13)

wobei $\varkappa$ eine Abkürzung ist. Für diese Werte nimmt das System (5) die Gestalt an

$$u_2=(m+n)\cos(T-\varkappa-\xi)$$
$$v_2=-(m-n)\sin(T-\varkappa-\xi+(2h+1)\pi/2).$$ 14)

Das letztere giebt für $2h+1=4k+1$:

$$v_2=+(m-n)\sin(T-\varkappa-\xi),$$

für $2h+1=4k+3$ aber:

$$v_2=-(m-n)\sin(T-\varkappa-\xi).$$

Sind m und n positiv, so folgt aus der obigen Annahme $D>0$ auch $n>m$; in diesem Falle zeigen die Kurven, welche die Geraden $\delta=(4h+1)\pi/2$ schneiden, die negativen, die durch die Geraden $\delta=(4h+3)\pi/2$ gehenden die positiven Azimute. Dieser Fall ist in Figur 2 veranschaulicht.

Betrachtet man die Plattenkombination $(N+P)$ durch einen Analysator, so erscheinen die Stellen dunkel, aus denen lineärpolarisiertes Licht von gegen den Nikol gekreuzter Polarisationsebene austritt. Dergleichen giebt es jetzt aber nur dann, wenn das Azimut Ψ des Analysators einer der Umgleichungen

$$-(\tfrac{1}{4}\pi-\omega)<\Psi<(\tfrac{1}{4}\pi-\omega)$$

oder $$(\tfrac{1}{4}\pi+\omega)<\Psi<(\tfrac{3}{4}\pi-\omega)$$

genügt. Ist das Azimut Ψ z. B. gleich $\frac{1}{4}\pi$, so sind die in Figur 2 mit ⊙ bezeichneten Stellen dunkel. Dreht man den Analysator stetig in

positiver Richtung, so wandern die dunkeln Stellen im Sinne wachsender ψ auf den Kurven lineärer Polarisation; sind dabei die extremen ψ erreicht, so gehen die Dunkelstellen als Orte kleinster, aber nicht verschwindender Intensität von einem Kurvensystem zum Nachbarsystem über und tauchen dort als Nullstellen wieder auf, wenn der Analysator die betreffende Stellung erreicht hat.

Das Vorstehende zeigt, dass die Plattenkombination $(N+P)$ eine ganz ähnliche Verwendung gestattet, wie oben für die Kombination $(F+N)$ geschildert ist, wenn man nur das Azimut des Analysators geeignet wählt.

Man kann durch Anwendung eines bekannten Polarisationszustandes des einfallenden Lichtes zunächst Normallagen für die Nullstellen der Intensität festlegen und wird aus der Verschiebung der Nullstellen, die bei dem zu untersuchenden Lichte eintritt, auf dessen Polarisationszustand schliessen können. Dabei wird die Photographie der Austrittsfläche des Präparates $(N+P)$ mit dem darauf markierten Achsenkreuz vorteilhaft zu verwenden sein. Es scheint indessen die erste beschriebene Anordnung für die numerische Berechnung einige Vorteile gegenüber der zweiten zu besitzen.

Göttingen, Januar 1901.

(Eingegangen 27. Januar 1901.)

Über die bei Blitzentladungen erreichte Stromstärke.

Von F. Pockels.

Im Anschluss an eine Untersuchung über die Magnetisierung basaltischer Gesteine habe ich früher nachgewiesen[1]), dass der im Basalt erzeugte remanente Magnetismus nur von dem Maximum der magnetisierenden Feldintensität abhängt, auch wenn letztere nur sehr kurze Zeit andauerte, und dass man also im stande ist, aus dem in einem Basaltstabe erzeugten remanenten magnetischen Moment auf die maximale Stromstärke sehr schnell verlaufender elektrischer Ströme, z. B. nicht oszillierender Batterieentladungen, zu schliessen. Ich habe (l. c. S. 474) darauf hingewiesen, dass hierdurch insbesondere ein Mittel gegeben sei, um die bei Blitzschlägen erreichte Stromstärke zu bestimmen. Hat sich nämlich ein Basaltstab in solcher Lage zu einem Blitzableiter befunden, dass die Längsrichtung des Stabes senkrecht zu der durch seinen Mittelpunkt und die (auf längere Erstreckung geradlinige) Leitung gelegten Ebene ist, und hat der Basaltstab, nachdem eine Blitzentladung durch den Ableiter gegangen war, dasselbe magnetische Moment (in Richtung seiner Längsachse) eingenommen, welches er in einem homogenen Magnetfelde von der Intensität $\mathfrak{H}$ erhalten hätte, so ergiebt sich, bei Berücksichtigung des kreisförmigen Kraftlinienverlaufes, die Maximalstärke des Entladungsstromes[1])

$$i = \frac{5\,l}{2\,arctg\left(\frac{l}{2a}\right)} \cdot \mathfrak{H} \text{ Ampère},$$

wo l die Länge des Stabes, a den Abstand seiner Mitte von der Achse des Blitzableiters bezeichnet. Die Beziehung zwischen dem magnetischen Moment und $\mathfrak{H}$ muss durch Versuche mit bekannten Feldstärken festgestellt sein. Für Basalt aus dem Tharandter Wald hatte ich als Mittelwerte des remanenten Momentes der Volumeinheit aus den Beobachtungen an 5 Stäben gefunden

$$\text{für } \mathfrak{H} = 100 \quad 190 \quad 310$$
$$m_r = 0{,}1434 \quad 0{,}3616 \quad 0{,}5246.$$

Aus diesem Material hergestellte rechteckige Stäbe von 4 cm Länge, 2 cm Breite und 1,5 cm Dicke wurden an den Blitzableitern von Aussichtstürmen und anderen exponierten Gebäuden an zahlreichen Orten in der oben bezeichneten Lage befestigt. Jedoch waren bisher an den betreffenden Orten keine Blitzschläge erfolgt, oder die Stäbe von Unberufenen wieder entfernt worden und verloren gegangen. Kürzlich erhielt ich aber durch Herrn Chistoni in Modena einige Stäbe zugeschickt, welche derselbe am Turme des Observatoriums auf dem Monte Cimone im Appenin ausgelegt hatte. Dieselben waren nacheinander an einer der beiden gleichen Ableitungen der Auffangstangen im 6,4 cm Abstand angebracht, und einer *(A)* war nachweislich durch einen Blitzschlag am 22. Juli, ein zweiter *(C)* durch vier Blitzschläge in der Nacht vom 26./27. August 1900 magnetisiert worden. Ein dritter zeigte nur sehr schwache Magnetisierung, welche vermutlich von den schwachen Entladungen, wie sie sich dort häufig als St. Elmsfeuer zeigen, herrührte.

Die Untersuchung des Stabes A ergab

$m_r = 0{,}52$, entsprechend $\mathfrak{H} = 303$, $\underline{i = 10200}$,

diejenige des Stabes C:

$m_r = 0{,}312$, entsprechend $\mathfrak{H} = 166$, $\underline{i = 5530}$.

Diese Stromstärken dürften, da die Leitung symmetrisch geteilt war, annähernd die Hälfte der Maximalstromstärke der betreffenden Blitze darstellen, so dass diese bei dem Blitze vom 22./7. ca. 20000 Ampère betragen hätte; im Falle des Stabes C ist nach den bei meinen Versuchen mit Batterieentladungen gemachten

1) F. Pockels, Wied. Ann. 65, 458, 1898. Meteorolog. Zeitschr. S. 42, 1898.

1) Vgl. Meteorolog. Zeitschr. S. 42, 1898.

Erfahrungen anzunehmen, dass die gefundene Stromstärke von $2 \cdot 5500 = 11000$ Ampère dem stärksten der vier stattgehabten Blitzschläge zukam, gleichgültig, ob dieselben gleich oder entgegengesetzt gerichtet waren. Diese Zahlen werden aber noch etwas zu klein sein, da die Stäbe erst mehrere Monate nach ihrer Magnetisierung in meine Hände kamen, und da nach früheren Beobachtungen eine wenn auch langsame Abnahme des magnetischen Momentes von selbst eintritt, welche durch etwaige Erschütterungen, denen die Stäbe ausgesetzt werden, noch befördert wird.

(Eingegangen 3. Februar 1901.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Über die Atmosphäre der Erde und der Planeten.

Von M. v. Smoluchowski.[1])

Über die Zustände in den höheren Atmosphärenschichten, namentlich auch über die Frage, ob die Gashülle der Erde begrenzt ist, und ob auf anderen Himmelskörpern eine Atmosphäre vorhanden ist, herrschen noch so verworrene Ansichten, dass es wünschenswert scheint, zu untersuchen, inwieweit man durch rein theoretische Erwägungen zu einer kritischen Sichtung der diesbezüglichen Hypothesen gelangen kann. Solche Betrachtungen, nicht aber eine Zusammenstellung der bisherigen experimentellen Ergebnisse [siehe diesbezügl. z. B Günther Geophysik] bilden den Zweck dieser Zeilen.

Wäre die Erdatmosphäre ein ruhendes Gas von gleichförmiger Temperatur, so wäre der Druck in der Entfernung r vom Mittelpunkte gegeben durch die Formel

$$p = p_0 e^{-\frac{ga}{R\Theta_0}\left(1-\frac{a}{r}\right)}$$

wo a den Erdradius, R die Gaskonstante bedeutet. Daraus würde sogar für unendliche Entfernung eine endliche Dichte folgen, nämlich $\varrho = \varrho_0 \cdot 10^{-356}$, und die Gesamtmasse wäre natürlich unendlich (Mascart C. R. 114).

Nach Melanderhjelm und Laplace soll jedoch die Centrifugalkraft der Erdrotation eine Begrenzung der Gasmasse bewirken; dort wo dieselbe der Schwerkraft das Gleichgewicht hält, wäre die Grenzfläche zu suchen. Verlangt man nun Gleichheit der Kräfte für die Richtung der Centrifugalkraft, so erhält man als Grenzfläche eine Kugel mit einem Radius $r = \sqrt[3]{\frac{ga^2}{\omega^2}} = 42\,000$ km, dagegen eine Fläche $r^3 = \frac{ga^2}{\omega^2 \cos^2\Theta}$, wenn man die Gleichgewichtsbedingung für die Richtung der Schwerkraft aufstellt. In beiden Fällen verbleiben natürlich unkompensierte Komponenten.

Darin, dass diese Komponenten, sowie die Druckkräfte, welche in dem Gase bestehen müssen, nicht berücksichtigt werden, liegt offenbar der prinzipielle Fehler dieser Berechnungen.

Man muss also nach Neumann die Gleichung der Hydrostatik $\int \frac{dp}{\varrho} = U$ zu Hilfe nehmen und darin das Potential der Centrifugalkraft und der Gravitation einführen, wodurch man erhält:

$$p = p_0 e^{-\frac{1}{R\Theta}\left[ga\left(1-\frac{a}{r}\right) - \frac{\omega^2 r^2 \cos^2\varphi}{2}\right]}$$

Die Niveauflächen bilden drei Systeme; für kleine r sind sie annähernd ellipsoidisch bis zur Fläche kleinsten Druckes mit dem früher erwähnten Äquatorial-Radius $r_0 = \sqrt[3]{\frac{ga^2}{\omega^2}}$ und einem Polarradius $r_p = \frac{2}{3} r_0 = 28\,000$ km. Für grössere r entstehen zwei ins Unendliche reichende Systeme, von denen das eine (in Richtung der Äquators gelegene) jedoch wieder wachsenden Drucken entspricht. Man müsste also jene Fläche als Grenzfläche ansehen, da man nicht annehmen kann, dass die ganze Weltatmosphäre mit der Erde mitrotiert.

Auerbach (Winkelm. Handb. I, S. 527) bestreitet überhaupt die Berechtigung der Annahme, dass die Atmosphäre als Ganzes mitrotiert, da nach obiger Formel für $r = a$ am Äquator ein viermal so grosser Druck sich ergiebt als am Pole, was mit der Erfahrung in Widerspruch steht.

Dieser Einwand ist aber ungerechtfertigt, da wir ja am Äquator den Druck nicht in der Entfernung a, sondern in einer um 21 km grösseren (wegen der Erd-Abplattung) messen. Überhaupt ist ein derartiger Widerspruch nicht möglich, da ja den hydrostatischen Gleichungen zufolge die Grenzfläche zweier Flüssigkeiten (Wasser und Luft) eine Fläche konstanten Druckes sein muss.

1) Auszug aus einer Abhandlung gleichen Titels, erschienen in dem anlässlich der 500jährigen Gründungsfeier der Krakauer Universität von der Lemberger Universität herausgegebenen Jubiläumswerke.

Dagegen muss man gegen jene Berechnung zwei Einwände anderer Art erheben:

1. Auch in jener Grenzfläche ist der Druck noch nicht Null, sondern $p \doteq 10^{-17.5} p_0$. Auch dies müsste durch den Gegendruck einer äusseren ruhenden „Himmelsatmosphäre" äquilibriert werden, dann käme jedoch infolge innerer Reibung ein Geschwindigkeitsgefälle zu stande, welches die ganze Rechnung hinfällig macht.

2. Es wurde die Ungleichförmigkeit der Temperatur nicht berücksichtigt, welche auf die Druckverteilung einen viel grösseren Einfluss ausübt, als die Centrifugalkraft.

Auf die Wichtigkeit dieses letzteren Faktors wurde schon 1819 von G. Schmidt [Gilberts Ann. 62] hingewiesen; die in jener Arbeit durchgeführte Berechnung der „Höhe der Atmosphäre" zu 6.6 bis 27.5 g. M., welche auf unbegründeter Extrapolation einer empirischen Temperaturformel beruht, ist jedoch wertlos.

Die erste rationelle Theorie dieser Art, die bekannte Theorie des „konvektiven", „indifferenten" oder „adiabatischen" Gleichgewichtes, verdanken wir Lord Kelvin. Kelvin nimmt an, dass Wärmeleitung und Strahlung in Anbetracht der Geschwindigkeit der atmosphärischen Cirkulation von so geringem Einfluss sind, dass im wesentlichen die Formel für adiabatische Zustandsänderungen $\frac{p}{p_0} = \left(\frac{\varrho}{\varrho_0}\right)^k$ zutreffen wird, mit Hilfe deren die hydrostatischen Gleichungen ergeben:

$$\frac{\Theta}{\Theta_0} = 1 - \frac{k-1}{k} \frac{g a}{R \Theta_0} \left[1 - \frac{a}{r}\right]$$

für kleine Erhebungen $x = r - a$ annähernd:

$$\frac{\Theta}{\Theta_0} = 1 - \frac{k-1}{k} \frac{g x}{R \Theta_0}$$

Nun wäre gemäss dieser Formel schon in einer Höhe von 29 km der absolute Nullpunkt der Temperatur erreicht (unter Voraussetzung $\Theta_0 = 10^0$ C.) Da aber die Temperatur überhaupt nicht negativ werden kann, so müssten also die Anhänger der „begrenzten Atmosphären"-Theorie in dieser Höhe die Grenze der Atmosphäre annehmen, obwohl allerdings Kelvin selber sagt: „Es schien mir immer höchst unwahrscheinlich, dass überhaupt eine Grenze der Atmosphäre existiert, und gewiss kann sie nicht in so geringer Höhe liegen". (Math. Phys. Papers III, S. 256.)

Kelvin selbst weisst auf den Einfluss der Strahlung und der Abweichungen vom Boyle-Charlesschen Gesetz hin, welche das obige Resultat modifizieren müssten. In der That ist es ja wohl unzweifelhaft nachgewiesen, dass unsere Atmosphäre noch in Höhen von mehr als 200 km hinreichend dicht ist, um Meteore erglühen zu machen; dass aber Kelvins Erklärung nicht in jeder Beziehung ausreichend ist, werden wir weiter unten nachweisen.

Bekanntlich widerspricht die Formel auch in Bezug auf die Grösse des Temperaturgradienten $\frac{d\Theta}{dx}$, der sich zu 1^0 pro 100 m ergiebt, den zahlreichen auf Bergen und bei Ballonfahrten gemachten Erfahrungen, welche für die unteren Atmosphärenschichten im Mittel ca. 0.58 pro 100 m ergeben haben.

Dies wird von Kelvin, in Ausführung eines Gedankens von Joule, durch den Einfluss der Kondensationswärme des Wasserdampfes erklärt, infolge deren die bei der Ausdehnung der Luft erfolgende Abkühlung vermindert wird. So müsste ein mit Dampf gesättigter aufsteigender Luftstrom z. B. bei der Temperatur $\Theta = 0$ einen Temperaturgradienten $\frac{d\Theta}{dx} = 0.66^0$, bei $\Theta = 10$, $\frac{d\Theta}{dx} = 0.54^0$ aufweisen. Gegen die Allgemeingültigkeit dieser Erklärung erheben sich jedoch manche Bedenken. So setzt sie voraus, dass Kondensation thatsächlich eintritt, kann sich also auf wolkenfreie Schichten der Atmosphäre nicht beziehen; in anticyklonalen Gebieten kann sie schon gar nicht zutreffen, während auch dort ein ähnlicher Temperaturgradient gefunden wird und überhaupt ergiebt sich der beobachtete Temperaturgradient immer noch erheblich kleiner als die berechneten Werte.

Als Beispiel möchte ich einige dem jüngst erschienen Schriftchen Bezolds: „Theoretische Betrachtungen über die Ergebnisse der wissenschaftlichen Luftfahrten" entnommene Zahlen anführen, welche Mittelwerte aus den zahlreichen in Assmanns und Bersons Werke: „Wissenschaftliche Luftfahrten" gesammelten Beobachtungsdaten bilden, nebst den für einen feuchten aufsteigenden Luftstrom (von der Anfangstemperatur 10^0) geltenden theoretischen Werten, welche ich nach Kelvins Methode beiläufig berechnet habe.

Temperaturgradient (Mittelpunkttemperatur am Erdboden $\Theta_0 = 10.3^0$):

Höhenschichte	0—1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000 m
Mittel	0.49	0·50	0·54	0·53	0·64	0·69	0·68	0·72	0·80	0·80
Cyklonal	0·59	0.59	0·55	0·59	0·75					
Anticyklonal	0·36	0·46	0·51	0·48	0·55					
Berechnet nach Kelvin	0·58	0·62	0·70	0·76	0·87					

Der Einfluss der Kondensationswärme wird bei wachsender Höhe, also abnehmender Temperatur, wegen der raschen Abnahme des Dampfgehaltes immer kleiner, und es sollte sich der Gradient dem Werte 1^0 für trockene Luft nähern; dies findet auch thatsächlich statt — wodurch die früheren Beobachtungen von Glaisher, die Formeln von Mendelejeff etc. als unrichtig erwiesen sind —, aber in viel geringerem Maasse, als theoretisch zu erwarten wäre.

Es scheint nach alledem, dass bei dieser Erscheinung doch auch noch andere Faktoren, also vor allem die Strahlung, in erheblichem Maasse mitspielen; dabei wäre nicht nur die Absorption der Sonnenstrahlung in der freien Atmosphäre, am Erdboden und in den Wolken, sondern auch der gegenseitige Wärmeaustausch der verschiedenen Atmosphärenschichten und die Ausstrahlung in den Weltraum zu berücksichtigen.

So erklärt Bezold (loc. cit.) den geringen Wert des Temperaturgefälles über dem Erdboden durch die zeitweise überwiegende Ausstrahlung des Erdbodens, infolge deren häufig sogar eine „Temperaturumkehr" eintritt, während die entsprechende Erwärmung der unteren Schichten durch Bestrahlung des Erdbodens keine analoge Verminderung des Temperaturgradienten hervorrufen kann, da der Zustand labil wird, sobald letzterer den Wert 1.0^0 (pro 100 m) übersteigt. [Für grössere Höhen ist aber diese Erklärung wohl nicht ausreichend. (Zusatz d. Verf.)]

Es drängt sich nun die Frage auf, inwiefern diese beiden Faktoren, die Kondensationswärme des Wasserdampfes und die Strahlung, auch das früher erwähnte merkwürdige Resultat, dass eine Begrenzung der Atmosphäre und zwar bereits in sehr geringer Höhe stattfinden muss, zu modifizieren vermögen.

Diesbezüglich wurde schon von Ritter (siehe weiter unten) nachgewiesen, dass der Wasserdampfgehalt der Luft nur eine relativ geringe Erhöhung der betreffenden Grenzschichte bewirken kann, da sein Einfluss nur in den untersten warmen Schichten zur Geltung kommt.

Um über den Einfluss des zweiten Faktors eine Vorstellung zu gewinnen, habe ich ein Beispiel berechnet, in welchem derselbe im Vergleich mit der Wirklichkeit noch bedeutend übertrieben ist, nämlich die Temperaturverteilung in einem (mit der Geschwindigkeit u_0 im Niveau $x = o$) aufsteigenden Luftstrom, welcher pro cm³ die Sonnenwärme (in mechanischem Maasse) $S\varrho = \mathfrak{J}\, a\, s\, \varrho$ absorbiert [a = Absorptionskoeffizient, von der Grössenordnung $a = 0.00033$, s = Sonnenstrahlung = ca. 0.05], wobei also die Abkühlung infolge Ausstrahlung gar nicht berücksichtigt wird. Die Integration der betreffenden Differentialgleichung ergiebt als „kritische Höhe" [für $\Theta = o$]:

$$x = \frac{k}{k-1} \frac{\Theta_0 R}{g} \left[1 + \frac{k-1}{k} \frac{S}{u_0 g}\right].$$

Also würde die Strahlung bei Einsetzung plausibler Werte für u_0 nur eine geringe Erhöhung bewirken $\left(\text{z. B. ca. } 5\% \text{ für } u_0 = 10 \frac{cm}{sec}\right)$, jedenfalls aber das Resultat, dass es eine Grenze giebt, nicht ändern.

Es bleibt also noch zu untersuchen, inwieweit die Abweichung der Luft vom idealen Gaszustande diese Verhältnisse ändern wird.

Diesbezüglich hat Ritter eine beachtenswerte Theorie entwickelt, indem er berücksichtigte, dass ein aufsteigender Luftstrom unter Voraussetzung des rein adiabatischen Zustandes wegen successiver Abkühlung in genügender Höhe den Verflüssigungspunkt der Luft erreichen muss, so dass von dort an eine Verminderung des Temperaturgefälles eintritt, ähnlich aber in höherem Maasse wie in mit Wasserdampf gesättigter Luft.

Ritter berechnete die Höhe einer solchen Atmosphäre, da die betreffenden Daten für Luft fehlten, unter Annahme der auf Wasserdampf bezüglichen Zahlen zu 349 km. Abgesehen von der hierdurch entstehenden Unsicherheit[1]), ist gegen die Berechnung einzuwenden, dass sie ein Mitführen der kondensierten Flüssigkeitströpfchen voraussetzt, was bei den höheren Kondensationsgraden offenbar nicht möglich ist. Auch müsste der ganze Himmel mit „Luftwolken" bedeckt erscheinen, was thatsächlich nicht stattfindet. Auf diesen Punkt werden wir übrigens später noch zu sprechen kommen. Vorderhand müssen wir festhalten, dass die Berücksichtigung der Kondensationserscheinungen zwar die Grenze der Atmosphäre hinausschiebt, aber die Folgerung, dass es eine solche Grenze giebt, nicht zu beseitigen vermag.

Demgegenüber ist zu bemerken, dass einfache, auf die kinetische Gastheorie gestützte Erwägungen zu einem ganz entgegensetzten Resultate führen. Sobald ein Molekül eine grössere Geschwindigkeit erlangt, als $V = \sqrt{2ga}$, d. i. ca. 11 km, muss es auf hyperbolischer Bahn sich von der Erde in den Weltraum hinaus entfernen (falls es nicht vorher mit einem anderen Molekül zusammenstösst!).

Da nun im Gase alle möglichen Geschwindigkeiten vertreten sind, wird die Erdatmosphäre fortwährend solche Teilchen verlieren; dieselben werden sich ausserhalb der Sphäre

1) In Wasserdampf würde die Kondensation vom O-Punkte an beginnen; in Luft tritt sie (nach Olszewski) z. B. bei 4 mm Druck erst bei — 211^0 ein.

der Erdanziehung bewegen, dort mitunter kollidieren, eventuell wieder auf die Erde zurückfallen etc., kurz ein Medium bilden, welches denselben Gascharakter hat wie die Erdatmosphäre. So führt uns, wie schon M. P. Rudzki [Zapiski mat. obszcz. Odessa 15 (1893) S. 71] hervorhebt, die kinetische Gastheorie zu dem Resultate, dass die Atmosphäre unbegrenzt ist. Es können kolossale Dichtigkeits- und Temperaturunterschiede bestehen, aber überall muss es Gas von einer endlichen Dichtigkeit geben, und fortwährend muss ein allseitiger Austausch der Moleküle vor sich gehen. [Auf die diesbezüglichen Untersuchungen Stoneys werden wir am Schlusse noch zu sprechen kommen.]

Nun kann aber die kinetische Gastheorie in diesen Dingen unmöglich mit den allgemeinen hydromechanischen und thermodynamischen Gleichungen in Widerspruch stehen, da letztere aus ihr abgeleitet werden können. Somit müssen wir bei den früheren Überlegungen einen ausschlaggebenden Faktor ausser acht gelassen haben.

In dem Mechanismus der Gastheorie sind nun implicite schon zwei Erscheinungen enthalten, welche wir bisher nicht berücksichtigt haben: die Wärmeleitung und die innere Reibung. Wäre die Atmosphäre in Ruhe, so wäre auch nach der kinetischen Gastheorie der isotherme Zustand der einzig mögliche Gleichgewichtszustand[1]) — die so sehr verbreitete Meinung, dass die Gastheorie in diesem Falle das der adiabatischen Gleichung entsprechende Temperaturgefälle liefere[2]), beruht auf Fehlschlüssen. In Anbetracht der thatsächlich stattfindenden Cirkulation ist jedoch die Wärmeleitung ganz zu vernachlässigen, und wir würden jenen „adiabatischen" Zustand erhalten, — wenn nicht überdies die innere Reibung vorhanden wäre.

Bezüglich der inneren Reibung scheint die Ansicht zu herrschen, dass man ihren Einfluss bei derartigen Fragen der atmosphärischen Cirkulation vernachlässigen kann, seitdem Helmholtz gezeigt hat, wie ausserordentlich geringfügig der Reibungswiderstand ist, welchen die Atmosphärenschichten bei ihrer horizontalen Bewegung erfahren.

Hier jedoch verhält sich die Sache ganz anders, es kommt nicht die Reibung paralleler Schichten bei tangentialer Bewegungs-Richtung in Betracht, sondern bei normaler Richtung der Strömung, nebst der mit Volumänderung verbundenen Reibung.

Um sich über diese Verhältnisse klar zu werden, muss man auf die Grundformeln reibender Flüssigkeiten zurückgreifen, welche hier jedoch eine etwas kompliziertere Gestalt annehmen, da man auch den Reibungskoeffizienten μ als veränderlich betrachten muss. Ausserdem ist die „Temperaturgleichung" zu modifizieren durch Berücksichtigung des wärmenden Einflusses der Reibung, welcher durch die „Dissipationsfunktion" (siehe z. B. Lamb, Hydrodynamics S. 518) bestimmt wird.

So erhält man [wenn μ proportional der Temperatur gesetzt wird $\mu = \gamma \Theta$[1])] für die stationäre vertikale Bewegung einer Luftsäule (bei Vernachlässigung der kinetischen Energie) die Bewegungsgleichung:

$$g = -R \frac{d\Theta}{dx} + \frac{\Theta R}{u} \frac{du}{dx} + \frac{4}{3} \frac{\gamma}{b} u \frac{d}{dx}\left[\Theta \frac{du}{dx}\right]$$

und die Temperaturgleichung:

$$\frac{c}{A} \frac{d\Theta}{dx} + \frac{R\Theta}{u} \frac{du}{dx} = \frac{4}{3} \frac{\gamma}{b} \Theta \left(\frac{du}{dx}\right)^2,$$

wobei b das Produkt aus Dichte und Geschwindigkeit bedeutet $b = \varrho u$, welches wegen der Kontinuitätsgleichung konstant sein muss. Die obere Gleichung kann man nach Addition der unteren einmal integrieren; die vollständige Integration des Gleichungs-Systems stösst aber auf Schwierigkeiten.

Doch kann man durch Diskussion desselben schon eine Vorstellung über den qualitativen Charakter der Erscheinung erhalten. Anschaulicher wird dies illustriert durch folgende hypothetische Aufgabe: Es gehe in vertikaler Richtung eine stationäre Strömung der Luft vor sich, und zwar ohne innere Reibung [mit der Geschwindigkeit u_0 im Niveau $x = o$], so dass sich die Kelvin'sche adiabatische Temperaturverteilung herstellt.

Nun beginne plötzlich die gewöhnliche innere Reibung zu wirken. Ihr Einfluss wird sich in der Verzögerung der Bewegung

$$-\frac{du}{dt} = -\frac{4}{3} \frac{\gamma}{b} u' \frac{d}{dx}\left(\Theta' \frac{du'}{dx}\right)$$

und in der (pro gr Luft auf dem Wege 1 cm) in Wärme umgesetzten Bewegungsenergie

$$Q = \frac{4}{3} \frac{\gamma}{b} \Theta' \left(\frac{du'}{dx}\right)^2$$

zeigen, welche unter obiger Annahme identisch werden, nämlich

$$= \frac{4}{3} \mu_0 k^2 g^2 \frac{u_0 \varrho_0}{p_0^2} \left(\frac{\Theta_0}{\Theta'}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}.$$

Ein Luftteilchen wird somit auf dem Wege 1 cm seine Temperatur ändern gemäss der Gleichung

$$\frac{D\Theta}{Dx} = \frac{A}{c}\left[Q - \frac{p}{u\varrho} \frac{du}{dx}\right]$$

In der nachfolgenden Tabelle habe ich für

1) Siehe z. B. Boltzmann, Gastheorie I, 134.
2) Siehe z. B. Möller, Met. Ztschr. 10, 298 (1893).

1) In Wirklichkeit ist μ einer Potenz der Temperatur proportional, welche bei den schweren Gasen 1, bei den leichten ca. $^2/_3$ beträgt.

einige Anfangsgeschwindigkeiten u_0 die Werte $\frac{du}{dt}$ und $\frac{D\Theta}{Dx}$ (in Graden pro 100 m) in verschiedenen Höhen zusammengestellt, wobei statt der Höhe x die — proportional mit der Höhe bis 0 abnehmende — absolute Temperatur Θ angegeben ist.

I. $-\frac{du}{dt} =$

$\Theta_0 =$	23^0	3^0	2^0	1^0 (abs.)
$u_0 = 1$	$1{\cdot}7 . 10^{-6}$	0·35	5·0	253
$u_0 = 10$	$1{\cdot}7 . 10^{-5}$	3·5	50	2530
$u_0 = 100$	$1{\cdot}7 . 10^{-4}$	35	500	25300
$u_0 = 500$	$8{\cdot}5 . 10^{-4}$	175	2500	126500

II. $\frac{D\Theta}{Dx} =$

$\Theta_0 =$	23^0	3^0	2^0	1^0
$u_0 = 1$	—1·01	—1·01	—1·00	— 0.65
$u_0 = 10$	—1·01	—1·00	—0.94	+ 2·65
$u_0 = 100$	—1·01	—0·96	—0·29	+ 35·6
$u_0 = 500$	—1·01	—0·76	+2·61	+182·2

Während also die Hemmung z. B. an der Erdoberfläche nur $\frac{du}{dt} = -0.61 \cdot 10^{-13}\, u$ beträgt, so würde sie in den höchsten Schichten so enorme Werte erreichen, wie die Tabelle I zeigt. Als Vergleich führe ich Helmholtz' Resultat, betreffs der Hemmung horizontaler Luftbewegung an, wonach die innere Reibung die Bewegungsgeschwindigkeit der oberen Luftschichten in 42.747 Jahren auf die Hälfte vermindern würde, was einem Werte

$$\frac{du}{dt} = -0.75 \cdot 10^{-13}\, u$$

entspricht.

Die zweite Tabelle führt uns den erwärmenden Einfluss der Reibung vor Augen, welcher nicht nur eine Abkühlung bis zum Nullpunkt verhindert, sondern sogar das Zeichen von $\frac{D\Theta}{Dx}$ ändert.

Natürlich gilt dies alles nur für den ersten Moment, aber das Beispiel illustriert doch anschaulich den in gewisser Höhe enorm zunehmenden hemmenden (in Bezug auf vertikale Strömungen) und erwärmenden Einfluss der inneren Reibung, welcher darin begründet ist, dass der Koeffizient derselben vom Gasdrucke unabhängig ist.

Die nach der adiabatischen Theorie berechnete „Höhe" der Atmosphäre giebt uns also nur ein ungefähres Maass der Schichte (ca. 30 km), innerhalb welcher die ungestörte atmosphärische Cirkulation stattfindet, wo man also von innerer Reibung absehen kann.

In höheren Schichten verliert jene Theorie die Berechtigung; die Abkühlung eines aufsteigenden Luftstromes kann infolge der Reibung nicht bis zum absoluten Nullpunkt fortschreiten.

In Wirklichkeit ist auch noch zu berücksichtigen, dass eben wegen der Hemmung der Strömungen auch der Einfluss der Strahlungsabsorption, ja auch der Wärmeleitung erhöht werden wird.

Durch die Temperaturverhältnisse wird also keine „Begrenzung" der Atmosphäre bewirkt und ebensowenig durch die Centrifugalkraft; letztere wird überhaupt nur eine geringe Druckänderung bewirken, da die äusseren Schichten mit nach oben abnehmender Geschwindigkeit an der Erdrotation teilnehmen werden. Mit einiger Annäherung kann man hierauf die Formel anwenden, welche für die analoge Flüssigkeitsbewegung gilt: $\omega = \omega_0 \frac{a^3}{r^3}$ (vergl. Lamb, S. 525). Es ergiebt sich, dass erst in der Höhe von $6\frac{1}{2}$ km eine Horizontalgeschwindigkeit von $1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ auftreten würde [in Wirklichkeit noch weit weniger wegen der Veränderlichkeit von μ], so dass die unteren Atmosphärenschichten vollständig an der Erdrotation teilnehmen, und erst in sehr grossen Höhen sich der von W nach E gerichtete Strom bemerkbar machen kann. Die Hemmung der Erdrotation [Moment $= 8\pi\mu a^2 \omega_0$ (loc. cit.)] würde das Jahr um den 10^{-17} Teil einer Sekunde verlängern, also nur um eine unmessbar kleine Grösse. Ebenso bleibt die Druckdifferenz an der Vorder- und Rückseite (Morgen und Abend) der Erde weit unter der Grenze der Messbarkeit mittelst physikalischer oder astronomischer Methoden (loc. cit.). So kann auch von dieser Seite aus kein Einwand gegen das Resultat erhoben werden, dass sich die Atmosphäre in die ungemessene Ferne des Weltraumes erstreckt. Ihre Dichte wird zwar schon in der Entfernung von einem Erdradius ganz ausserordentlich gering sein [1]), aber die Unterschiede zwischen jener „Himmelsluft" und unserer Atmosphäre können nur quantitative sein. An eine numerische Berechnung der Druck- und Temperaturverhältnisse in jenen oberen Regionen ist allerdings vorderhand noch nicht zu denken; denn, abgesehen von den mathematischen Schwierigkeiten, würde sie eine genaue Kenntnis der gesamten atmosphärischen Cirkulation (vergl. den Einfluss von u_0 in der Tabelle), der Absorptionsverhältnisse der Luft bei tiefen Temperaturen etc. voraus-

1) Der Druck muss kleiner sein, als die Formel (1) angiebt, also im obigen Falle unter 10^{-8} mm liegen.

setzen, da sich das Problem nicht als statisches, sondern als ein wesentlich dynamisches darstellt.

Es scheint daher auch schwer, zu entscheiden, ob der Verflüssigungspunkt der Luft erreicht wird; wäre der Zustand rein adiabatisch, so wäre dies unvermeidlich; in Wirklichkeit aber hängt es von dem noch ungewissen Verhältnis zwischen Druckgefälle und Temperaturgefälle in grossen Höhen ab, ob die Dampfdruckkurve der Luft geschnitten wird.

Es drängt sich der Gedanke auf, dass vielleicht die hie und da beobachteten „leuchtenden Nachtwolken" durch solche Kondensation der Luft erklärt werden könnten; denn wenn wir den Berechnungen ihrer Höhe zu über 100 km Höhe Glauben schenken, können wir schwerlich annehmen, dass sie aus Wasser resp. Eis bestehen können.[1])

Als Gegengrund gegen die Annahme einer Himmelsatmosphäre wird oft die Abwesenheit (richtiger Nichtnachweisbarkeit!) einer Mondatmosphäre angeführt. Wendet man aber die Gleichungen der Aërostatik auf das aus zwei Kugeln [Massen m und μ, Radien a und α] bestehende System Erde — Mond an, so erhält man für einen isothermen Zustand als Dichte der Mondatmosphäre

$$\varrho = \varrho_0 \, e^{-\frac{g a}{R\Theta}\left[1 - \frac{\mu a}{m\alpha}\right]} = \varrho_0 \,.\, 10^{-340}$$

und für einen adiabatischen Zustand:

$$\varrho = \varrho_0^{\left(\frac{\mu a}{m\alpha}\right)^{\frac{1}{k-1}}} = 0.00045 \cdot \varrho_0 \text{ und } \Theta = \Theta_0\left(\frac{\mu\alpha}{m\alpha}\right) = -260{,}5^0 \text{ C.}$$

Selbstverständlich sind diese Berechnungen in quantitativer Hinsicht wertlos, aber sie zeigen doch, dass man sich eher wundern müsste, wenn auf dem Monde eine Atmosphäre von höherer Grössenordnung der Dichte als $\varrho = 0.003\ \varrho_0$ bestehen würde — und dies ist die von den Astronomen als zulässig bezeichnete Grenze.

Bezüglich verschiedener vom astronomischen Standpunkte aus für die Existenz eines Gasmediums sprechende Gründe verweise ich im übrigen auf Berberich's Aufsatz (Naturw. Rdsch. XIV. [1899] S. 365, 377).

Auch bei Erklärung von astronomischen Erscheinungen wie Nebelflecken, Kometenschweifen etc. mögen jene früher erwähnten, an Stellen, wo die Temperatur- und Dichtezustände die Dampfdruckkurve schneiden, erfolgenden Kondensationsvorgänge vielleicht noch eine Rolle spielen.

Es erübrigt uns noch eine Diskussion der Erscheinungen, welche auf der Zusammengesetztheit der Luft aus verschiedenen Gasen beruhen. Wäre die Atmosphäre in absoluter Ruhe, so würde nach Dalton's Gesetz der Partialdruck jeden Gases der Formel (1) genügen, als ob die anderen Gase nicht vorhanden wären. Wegen der Unterschiede in dem der Dichte proportionalen Werte der Gaskonstante R würde sich somit die Zusammensetzung der Atmosphäre mit der Höhe ändern, wie dies folgende von Hann berechnete Tabelle ersichtlich macht:

Höhe x	0	10000	20000	40000 m.
O_2 Gehalt	21.00	18.35	15.92	11.54
N_2 Gehalt	78.96	81.63	84.07	88.46

In Wirklichkeit ist es aber noch nicht gelungen, einen Unterschied zu konstatieren; selbst die durch einen Registrierballon in 15000 m Höhe geschöpfte Luft war nach Hergesell fast ganz normal zusammengesetzt: 78.27 N_2, 20.79 O_2, 0.94 A [Fortschr. d. Ph. 53 (1897) p. 192], während das normale Verhältnis ist: 78.06 N_2, 21.00 O_2, 0.94 A. Dies ist in der Langsamkeit begründet, mit welcher wie alle Diffussionsvorgänge, so hier die Entmischung der Luft vor sich geht. Ich habe (in der Orig.-Abhandlg.) aus der Maxwell-Boltzmann'schen Diffusionsgleichung berechnet, dass die relative Geschwindigkeit der Sauerstoff- und Stickstoffströmung, wenn man die ganze Luftmasse gleichmässig durchmischen und dann sich selbst überlassen würde, am Meeresniveau nur $3.10^{-8} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ betragen würde. Somit ist es ganz natürlich, dass dieser Entmischungsvorgang durch die infolge atmosphärischer Strömungen verursachte Mischung vollständig neutralisiert wird. Erst in den oberen Atmosphärenschichten, wo die Vertikalströmungen vermindert sind, dürfte derselbe zur Geltung kommen, und es ist wahrscheinlich, dass in grösserer Entfernung von der Erde die leichteren Gase He, H_2, überwiegen. Experimentell liesse sich übrigens vielleicht eher ein Unterschied im Gehalte von $A = 40$, $Ne = 80$, $Xe = 128$ und $He = 4$, nachweisen als in dem, störenden Einflüssen unterliegenden, Verhältnis der an Dichte wenig verschiedenen $O : N$. Auch sollten in cyklonalen Gebieten die schwereren Bestandteile vorherrschen, in anticyklonalen die leichteren; der Unterschied würde auf die Ausdehnung des Cyklons schliessen lassen.

In Anbetracht dieser dürftigen Ergebnisse der Theorie und der negativen Ergebnisse der Praxis erschien es nun höchst überraschend, dass es J. Stoney gelungen sein sollte, bloss auf Grund der Kenntnis von Masse und Grösse der Planeten die Zusammensetzung der Gas-

1) Ich habe für den Wasserdampfdruck eine Extrapolationsformel in derselben Weise berechnet, wie es Herz für Quecksilberdampf that, aus welcher sich z. B. schon für — 100° ein Dampfdruck von bloss $3{\cdot}6.10^{-5}$ mm ergiebt, und in jenen Höhen müsste eine noch weit niedrigere Temperatur herrschen.

hülle derselben zu berechnen. Da ich in der That seine in der Arbeit „Of Atmospheres of Planets and Satellites" (Trans. Roy. Dublin Soc. VI [1897] S. 305) dargelegten Erwägungen, welche seinerzeit ziemliches Aufsehen erregten, für verfehlt halte, möchte ich daher diesbezüglich noch einige Worte anschliessen.

Stoney stützt sich auf das Resultat, dass Moleküle deren Geschwindigkeit $\sqrt{2ga}$ übersteigt, von der Erde „verloren" werden. Indem er die Höhe der Atmosphäre zu 200 km und deren Temperatur in der Grenzschicht (?) zu — 66° C. (!) annimmt, berechnet er das Verhältnis der mittleren Molekulargeschwindigkeiten verschiedener Gase zu jener kritischen Geschwindigkeit. Dann schliesst er: Die Erfahrung lehrt, dass unsere Erde *He* und H_2 verloren hat, denn diese Gase sind in der Atmosphäre nicht enthalten, obwohl sie durch Quellen und unterseeische Vulkane (?) ausgeschieden werden, dass dagegen O_2 und N_2 erhalten bleiben; also wird ein Gas verloren, wenn seine Molekulargeschwindigkeit grösser als $\frac{1}{9}$ der kritischen ist wie hier bei H_2 und *He*); dagegen bleibt der Verlust unmerklich, wenn sie bloss $\frac{1}{20}$ beträgt (wie bei N_2 und O_2). Und diese Regel wird dann auf die Planeten angewendet und so gewissermassen „a priori" die Zusammensetzung ihrer Atmosphäre berechnet.

Vor allem muss man gegen die undenkbaren Annahmen bezüglich der „Grenze" der Atmosphäre protestieren, sodann gegen die über das Vorkommen von H_2 und *He* gemachten Voraussetzungen. Warum ist der Gehalt an *Xe* und *Ne* so gering, wenn nur die Molekulargeschwindigkeit, also die Dichte des Gases, in Betracht kommt?

Aber ein prinzipieller Einwand ist überhaupt gegen die Art zu erheben, in welcher die Gastheorie verwendet wird. Es werden nur die abgeworfenen Teilchen berücksichtigt, nicht aber jene, welche von aussen in die Anziehungssphäre der Erde gelangen; auch jene „verlorenen" Teilchen können untereinander oder mit den noch in elliptischen Bahnen sich bewegenden Teilchen zusammenstossen und wieder zurückgelangen etc. Was soll dann überhaupt den Unterschied der Erdatmosphäre und des äusseren Mediums ausmachen? Wollte man dies alles in Rechnung ziehen (mit der üblichen Annäherung), so käme man zu den gewöhnlichen Gleichungen der Aërostatik und zu dem leicht abzuleitenden Resultat, dass eben dort wo geringerer Druck herrscht, das ist an der Oberfläche der kleineren Planeten (und Monde), die leichteren Gase vorherrschen werden, nicht, wie Stoney meint, die schwereren.

Die eigentlichen Schwierigkeiten treten aber erst dann auf, wenn man den Einfluss der Konvektionsströme, Temperaturverhältnisse etc. berücksichtigt, welche in erster Linie für die Diffusionsvorgänge massgebend sind, und welche Stoney nicht in Betracht zieht; solange wir hierüber nicht genauere Kenntnisse besitzen, sind derlei Spekulationen aussichtslos. Allerdings wird man bei Anwendung der aëromechanischen Gleichungen auf den Weltraum im allgemeinen noch gewisse Korrekturen an diesen Gleichungen einzuführen haben, die darin begründet sind, dass man in Anbetracht der enormen Verdünnung also der sehr grossen Weglänge λ der Moleküle die Änderungen im Zustande des Gases im Bereiche von λ nicht mehr als linear annehmen darf, sondern höhere Glieder der Entwicklung berücksichtigen muss. Es scheint mir dies jedoch der einzige rationelle Weg zu sein, auf welchem man hoffen kann, einst auch zu genaueren quantitativen Ergebnissen zu gelangen.

(Eingegangen 20. Dezember 1900.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

Gabriel Lippmann, Die kinetische Gastheorie und das Carnotsche Prinzip. 4 Seiten.

Es handelt sich hier nicht um einen eigentlichen Bericht, sondern um eine an dieser hervorragenden Stelle erfolgte Darlegung der Ansicht des Verfassers, dass die kinetische Gastheorie unvereinbar sei mit dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie.

In der Hauptsache sucht Herr Lippmann seinen Beweis durch folgende Überlegungen zu führen: Es treten in ein kleines Gasvolumen n Moleküle ein, während in derselben Zeit n' Moleküle daraus austreten. Nun nähert sich wohl, nach dem Bernouillischen Lehrsatze, wenn $n+n'$ sich dem Unendlichen nähert, n dem Werte von n', im Sinne von $\lim \frac{n}{n'} = 1$, wobei jedoch $n-n'$ sich Null nicht nähert. Mit anderen Worten $\lim \frac{n-n'}{n+n'} = 0$, wobei jedoch der Zähler $n-n'$ endlich bleiben kann, und sogar wachsen kann. Nun kommt in den sogleich zu besprechenden experimentellen Anordnungen ausschliesslich

$n - n'$ in Betracht. Ist diese Differenz $n - n'$, so klein sie auch sei, wirklich endlich, so ist dies hinreichend für die Unvereinbarkeit der kinetischen Theorie mit dem zweiten Hauptsatze.

Diesen Gedankengang wendet nun Lippmann auf folgende Versuchsanordnungen an.

1. Man stelle (bei konstanter Temperatur) ein mit Sauerstoff gefülltes Gefäss in ein magnetisches Feld und in das Gefäss bringe man einen geschlossenen metallischen Kreis, wie z. B. einen kleinen Kupferring, oder eine durchlöcherte Metallplatte oder ein Goldblättchen mit einem mikroskopisch kleinen Loch. Da nun Sauerstoff paramagnetisch ist und seine Moleküle in ihrer Bewegung die Kraftlinien, welche den Raum schneiden, mit sich führen, so werden die Moleküle, welche durch den vom Schliessungskreis umschlossenen kleinen Raum gehen, im Schliessungskreise, da Lippmann voraussetzt, dass oben betrachtete Differenz $n - n'$ nicht gleich Null ist, Ströme induzieren, welche nun ihrerseits eine mit dem zweiten Hauptsatze unvereinbare Temperaturerhöhung des Schliessungskreises bedingen. Verfasser denkt sich den Versuch auch in folgender Weise: Die Dichte des Gases im Innern des Schliessungskreises unterliegt, infolge der steten Bewegung der Moleküle, kleinen und sehr raschen Schwankungen; die Anzahl der Magnetkraftlinien, die den Kreis schneiden, unterliegen den nämlichen Schwankungen, wirken also induzierend, und die erzeugten Ströme erwärmend. Lippmann vergleicht in diesem Falle die Moleküle der magnetisierten Gase mit den rotierenden Weicheisenpolschuhen der modernen Wechselstromgeneratoren, deren Anker sowohl wie Magnetsystem unbeweglich ist.

2. Die Dielektrizitätskonstante der Gase ist proportional ihrer Dichte. Man denke sich nun einen Kondensator mit gasförmigem Dielektrikum, dessen beide metallische Belegungen mit den Polen einer Stromquelle verbunden seien. Da nun nach der kinetischen Gastheorie die Zahl der Moleküle, welche das gasförmige Dielektrikum bilden, nicht streng konstant ist, so unterliegt also die Dielektrizitätskonstante, und demzufolge die Kapazität des Kondensators, sowie seine Ladung fortwährenden Schwankungen. Es werden also im metallischen Teile des Systems elektrische Ströme erzeugt, welche Joulesche, mit dem zweiten Hauptsatze unvereinbare Wärme bedingen. S. Guggenheimer.

(Eingegangen 17. Dezember 1900.)

Lord Kelvin, Über die Bewegung eines elastischen festen Mediums, in dem sich ein Körper verschiebt, der auf ihn anziehend oder abstossend wirkt. 22 Seiten.

Lord Kelvin hat sich bereits seit langer Zeit bemüht, die optischen und elektrodynamischen Erscheinungen mechanisch zu deuten. In dem vorliegenden Bericht knüpft er an die mechanische Theorie des Lichtes an, welche den Äther als elastischen festen Körper ansieht. Diese Theorie stösst bekanntlich auf Schwierigkeiten, wenn sie die Bewegung der ponderablen Materie durch den Äther hindurch erklären will. Lord Kelvin nimmt nun an, dass die Substanz der Atome auf den Äther Anziehungen und Abstossungen nach dem Newtonschen Gesetze ausübt, jedoch in der Weise, dass die Resultierende dieser Kräfte für alle Punkte ausserhalb des Atoms gleich Null ist. Dann behält der Äther ausserhalb des Atoms seine normale Dichte, nur innerhalb des Atoms wird der Äther an der einen Stelle komprimiert, an der anderen dilatiert, in der Weise, dass die mittlere Dichte im Innern des ganzen Atoms gleich der normalen Dichte ist. Bewegt sich nun das Atom durch den Äther, mit einer Geschwindigkeit, welche gegen die Lichtgeschwindigkeit verschwindend klein ist, so ist die Lage der äusseren Ätherpunkte stets dieselbe, als ob das Atom an der betreffenden Stelle ruhte; es geraten nur diejenigen Teile des Äthers in Bewegung, welche in das Innere des Atoms gelangen. Hierdurch wird die Trägheit der Atome vermehrt. Bewegt sich andrerseits der Äther, während die Atome ruhen, so bedingt die Anwesenheit der letzteren, eine Vergrösserung der Trägheit des Äthers, und daher eine Verringerung der Lichtgeschwindigkeit. In dem Beispiele, welches der Verfasser durchrechnet, genügt es, die Dichte des Äthers im Mittelpunkte des Atoms etwas über 100 mal so gross, als die normale Dichte, anzunehmen, um für den Brechungsindex der Gase den richtigen Wert zu erhalten. Der Äther wird nach diesen Vorstellungen nur durch elektromagnetische Vorgänge in Bewegung gesetzt, wenigstens soweit er sich ausserhalb der Atome befindet. Durch Bewegung der ponderablen Materie wird der äussere Äther nicht beeinflusst. Insofern stimmt Lord Kelvin mit H. A. Lorentz überein, der gleichfalls den Äther als ruhend annimmt. Um die Versuche von Michelson und Morley zu erklären, muss auch Lord Kelvin zu der Hypothese seine Zuflucht nehmen, dass die Abmessungen der Körper sich bei der Bewegung durch den Äther hindurch ändern.

In einem Zusatz zu dem Bericht macht Lord Kelvin einige Andeutungen darüber, wie er hofft, zu einer vollständigen mechanischen Theorie des elektromagnetischen Feldes zu ge-

langen. Er nimmt neben den ponderablen Atomen noch elektrische Atome „Elektronen", an. In den positiven Elektronen soll der Äther verdichtet, in den negativen verdünnt werden.

Anderseits sollen verdichtete und verdünnte Teile des Äthers gewisse Kräfte aufeinander ausüben, welche die elektrostatischen Anziehungen und Abstossungen zur Folge haben. Diese Kräfte sollen Fernkräfte sein. Der Äther soll nur die magnetischen Kräfte übertragen. Schreibt man dem Äther die Dichte 10^{-9} zu, so folgt aus dem Werte der Lichtgeschwindigkeit, dass er etwas härter als Stahl, und somit wohl fähig ist, die stärksten bekannten magnetischen Felder auszuhalten. M. Abraham.

J. H. Poynting, Die Fortpflanzung der Energie und der elektrischen Kraft im elektromagnetischen Felde. 17 Seiten.

Im ersten Teile entwickelt der Verfasser seine Ideen über die Energieströmung im elektromagnetischen Felde in elementarer Weise. Maxwell zeigte, dass man jedem Volumelement im elektromagnetischen Felde einen bestimmten Betrag elektromagnetischer Energie zuschreiben muss. Wächst diese Energie, so kann das nur in der Weise geschehen, dass sie durch die Oberfläche hineintritt. Bei ebenen Wellen gestaltet sich der Vorgang besonders einfach; hier ist die elektrische Kraft senkrecht zur magnetischen orientiert, und die Energieströmung, die auf beiden Vektoren senkrecht steht, ist gleich dem durch 4π dividierten Produkte der beiden Kräfte. Die gleiche Formel ist anzuwenden auf einen cylindrischen Leiter, in welchem ein stationärer elektrischer Strom fliesst; hier tritt die elektromagnetische Energie seitlich in den Leiter hinein, wo sie in Joulesche Wärme verwandelt wird. Stehen die beiden Vektoren der elektrischen und magnetischen Kraft nicht senkrecht aufeinander, so ist das obige Produkt mit dem Sinus des von ihnen eingeschlossenen Winkels zu multiplizieren, um den Betrag der Energie zu erhalten, welcher in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit der durch die beiden Vektoren bestimmten Ebene hindurchtritt. Dieser Satz von Poynting giebt von der Veränderung der Energieverteilung im Felde Rechenschaft. Freilich kann man immer noch einen Energiestrom in geschlossenen Bahnen hinzufügen, ohne dass an der Energieverteilung etwas geändert wird. Daher kann man das Poyntingsche Gesetz der Energieströmung nicht als das einzig mögliche hinstellen, der Entdecker selbst sieht es nur als eine plausible Hypothese an. Er diskutiert dann ausführlich folgende Fälle:

1. Langsame (aperiodische) Entladung eines Kondensators. Die Energie befindet sich ursprünglich zwischen den Kondensatorplatten, und strömt von hier allmählich in den Leitungsdraht, wo sie in Wärme verwandelt wird.
2. Stromkreis, der ein Element enthält. Hier spielt das Element die Rolle, die dort dem Kondensator zukam, nur mit dem Unterschiede, dass das Element fortgesetzt Energie liefert.

Im zweiten Teile werden die Anschauungen über die Bewegung der elektrischen Kraftröhren dargestellt, die vom Verfasser selbst, und von J. J. Thomson entwickelt wurden. Diese Autoren bestimmen durch die elektrischen Kraftröhren nicht nur das elektrische Feld, sondern auch das magnetische; letzteres wird erzeugt, wenn die elektrischen Kraftröhren in Bewegung geraten. M. Abraham.

Kr. Birkeland, Über die physikalische Konstitution der Sonne. 17 Seiten.

Falls die Sonne einen inneren festen Kern besitzt, und falls die Sonnenflecken und Protuberanzen Ausbrüchen von Vulkanen entstammen, die auf diesem Kerne gelegen sind, so kann man aus der Gruppierung der Flecken die Lage der Vulkane und so die Rotationsdauer des Kernes bestimmen. Der Verfasser versucht daher, unter successiver Annahme immer grösserer Rotationsgeschwindigkeiten des Kernes, diejenige Dauer T_1 zu bestimmen, bei der in verschiedenen Zeitabschnitten (1858—65, 1880—87, 1892—96) dieselben heliographischen Längen Häufungsstellen für Sonnenflecken bleiben. Solche Häufungsstellen sind dann Orte, für die die Wahrscheinlichkeit, dass ihnen ein Vulkan zugeordnet, ein Maximum ist. Der Untersuchung werden nur solche Flecken unterworfen, deren Erscheinen genau genug beobachtet wurde. Die Nord- und die Südhalbkugel werden für sich betrachtet, jedoch auf die heliographische Breite keine Rücksicht genommen. Ebenso übersieht der Verfasser die Schwierigkeiten nicht, welche aus dem dislocierenden Einfluss der Strömungen in der Photosphäre entstehen.

Der Verfasser teilt drei Kurven mit, welche von 3 zu 3^0 heliographischer Länge fortschreitend und unter der Annahme einer Rotationszeit $T_3 = 25^d \cdot 149$ für die drei genannten Zeitabschnitte die Verteilung der Sonnenflecken wiedergeben, und zwar derart, dass die Kurven unter sich grosse Ähnlichkeiten aufweisen. Referent muss jedoch bemerken, dass diesen Kurven allein eine überzeugende Beweiskraft nicht zugeschrieben werden kann, denn eines-

teils ist die totale Variation der Kurve eine geringe und die innere Variation (die von Grad zu Grad) fast gerade so gross, und andernteils bedarf es noch eines Einblickes in die Kurven bei anderen zu Grunde gelegten Perioden. Verfasser verweist hierzu auf sein Werk: Recherches sur les taches du soleil et leur origine.

Solche stabile Aktionscentren können natürlich nur auf einem festen Sonnenkerne sich befinden und nicht auf einem gasförmigen. Wilsings Verarbeitung der Potsdamer photographischen Positionsbestimmungen der Sonnenfackeln führten diesen Forscher aber zur Ansicht, dass die Fackeln primäre, die Flecken sekundäre Erscheinungen sind, was für einen gasförmigen Zustand des Sonneninnern spricht. Demgegenüber weist Birkeland auf unsere Unkenntnis vom Zustand heisser, unter hohem Druck stehender Gase hin, und erklärt es für denkbar, dass das gasförmige Innere unter diesen Umständen die Dichte von Quecksilber und die Festigkeit und Härte des Granits haben könnte.

In einem zweiten Teile untersucht der Verfasser die Möglichkeit eines Einflusses der Planeten auf die Sonnenflecken, und glaubt für Merkur, Venus und Jupiter einen solchen konstatieren zu können. Und zwar soll der Einfluss von der Schwereattraktion herstammen, da die lebhaften Vorgänge in der Sonne zu ihrer Auslösung nur ganz kleiner Impulse bedürfen. A. Nippoldt, jun.

(Eingegangen 14. Januar 1901.)

Ch. Dufour, Vergleich zwischen dem Sonnenlichte und demjenigen einiger Sterne. 6 Seiten.

Verfasser hatte früher öfters mit einem Sonnenmikroskop gearbeitet. Eines Abends bekommt er die Idee, den Mond zur Beleuchtung zu verwenden und fand, dass er den Auffangschirm 500 mal näher heranrücken musste, um ein ebenso deutliches Bild zu bekommen als bei der Sonne. Dadurch findet er die Ansicht anderer, das Licht der Sonne sei 300000 mal intensiver als das des Mondes, bestätigt. Das Mondlicht vergleicht er nun wieder mit dem einer Gaslaterne und diese mit dem zu untersuchenden Sterne. Da heutzutage exaktere Messungen bekannt oder im Gange sind, so genügt die Wiedergabe einiger Resultate.

Das Licht des Arktur ist nach dem Verfasser 33 milliardenmal schwächer als das der Sonne, das der Antares 132, des Altaïr 48 milliardenmal. Für einige Sterne, deren Parallaxe bekannt ist, berechnet der Verfasser das Verhältnis ihrer Leuchtkraft zu der der Sonne. Der Verfasser ist sich der Mängel seiner Schätzungen wohl bewusst, hält die durch seine Zahlen gegebene Grössenordnung aber für vollkommen sicher. A. Nippoldt, jun.

(Eingegangen 14. Januar 1901.)

A. Hénocque, Anwendungen der Spektroskopie in der Biologie und insbesondere der Spektroskopie des Blutes oder der Hämatospektroskopie. 28 Seiten.

Das vorliegende Referat enthält absolut nichts, was einigermassen neu oder für Physik und Physiologie bedeutungsvoll wäre: es handelt sich um eine Darstellung der Elemente der Spektralanalyse und ihrer Anwendung auf das Blut, insbesondere einfacher spektrophotometrischer Methoden, welche Verfasser für klinische Zwecke ausgebildet hat, speziell um den Hämoglobingehalt des Blutes am Lebenden, sowie die Geschwindigkeit der Oxydation in den Geweben (durch die Reduktion des *Hb* in einem abgeschnürten Fingergliede) quantitativ schätzen zu können. Ein Schlusskapitel bringt einiges Wenige über Spektroskopie der Gallen- und Harnfarbstoffe. Der ganze Bericht ist ein Auszug des Inhalts dreier Bändchen „Spectroscopie biologique", welche Verfasser vor einigen Jahren in der Sammlung „Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire" bei Masson in Paris hat erscheinen lassen. Boruttau.

(Eingegangen 16. Januar 1901.)

Personalien.

An Stelle des verstorbenen Professors Oberbeck ist Professor F. Paschen von der Technischen Hochschule zu Hannover als Ordinarius der Physik nach Tübingen berufen.

An der Universität Leipzig hat sich Dr. G. Bredig für physikalische Chemie habilitiert. Seine Antrittsvorlesung behandelte „die Chemie der extremen Temperaturen".

In Dresden starb der bekannte Mathematiker Geheimrat Professor O. Schlömilch im Alter von 78 Jahren.

Als Vertreter der technischen Wissenschaften, denen aus Anlass der Zweihundertjahrfeier zwei Sitze in der Akademie der Wissenschaften zu Berlin verliehen wurden, sind Ingenieur Dr. phil. Friedrich von Hefner-Alteneck und Professor Heinrich Müller-Breslau gewählt und als solche bestätigt worden.

Privatdozent der Metallmikroskopie an der Technischen Hochschule in Berlin Emil Heyn an der mechanisch-technischen Versuchsanstalt erhielt die an der Technischen Hochschule Stuttgart erledigte Professur für mechanische Technologie.

Berichtigungen.

In der Abhandlung des Herrn E. Marx, Über Antikohärer ist auf Seite 250, Spalte I, Zeile 10 von oben zu lesen „Rückgang des Stromes von 30 Milliampère auf 20 Milliampère".

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 21. 23. Februar 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa (Direktor: A. Battelli).

No. 8[1]): M. Allegretti, Über photoelektrische Ströme.

1. Die Untersuchungen, die man bisher mit photoelektrischen Strömen angestellt hat, haben das Vorhandensein einer elektromotorischen Kraft festgestellt, die durch das Licht produziert wird; aber obwohl man die qualitativen Wirkungen des weissen Lichtes auf verschiedene Aktinometer, ja sogar die Wirkung der verschiedenen Farben des Spektrums auf einige von ihnen kennt, so hat man doch noch kein Gesetz gefunden, welches das Phänomen auch nur annähernd beherrscht. Ich möchte untersuchen, wie die Wirkung des Lichtes mit der Veränderung der Intensität der Ausstrahlung wechselt, einmal durch Wechsel der Stärke der angewandten Quellen, wie auch durch Veränderung der Entfernung derselben von den zu prüfenden Platten.

2. An einem Ende einer vierkantigen Leitschiene, der die Lichtquellen entlang laufen können, befindet sich das Aktinometer: es ist in ein geschwärztes Kästchen eingeschlossen, an dessen Vorderseite ein Schiebefensterchen angebracht ist. Dasselbe ist aus zwei möglichst identischen Scheiben aus reinem Metall hergestellt, die mit Marineleim auf einem kleinen Ebonitschild befestigt und an ihren äussersten Enden mit einem Du Bois-Rubensschen Galvanometer verbunden sind. Die Scheiben werden in den in einem Glasgefäss befindlichen Elektrolyten (5%ige Jodnatriumlösung) getaucht.

Als Lichtquellen verwandte ich elektrische Lampen in Röhrenform von verschiedener Stärke. In den Stromkreis der Versuchslampen schaltete ich ein Depretz-d'Arsonvalsches Galvanometer ein, mittels dessen ich mich vergewissern konnte, dass während der Versuchsdauer die Stromintensität sich nicht veränderte. Bei Ausführung des Versuches brachte ich die Lichtquelle in möglichst kleine Entfernung vom Aktinometer und hob die Schutzwehr des Verschlusses während ich das Galvanometer beobachtete; nach der Ablesung liess ich den Verschluss herab und ging dann in derselben Weise vor, nachdem ich die Lampe in grössere Entfernung gestellt hatte. Um die Kurven der Aktinometer zu zeichnen, nahm ich die benutzten Stromstärken als Ordinaten, die Lichtstärken als Abscissen.

Ich führe die erhaltenen Resultate einzeln für jedes der untersuchten Metalle an.

Schwefelkupfer.

3. Die Scheiben aus elektrolytischem Kupfer, die auf dem Ebonit befestigt sind, werden mit feinstem Schmirgelpapier sorgfältig poliert und mehrmals reichlich gebadet. Nachher werden sie in eine Schwefelkaliumlösung mittlerer Konzentration getaucht; ein Bad von etwa einer Minute genügt, um die Scheiben mit einer gleichmässigen, dichtschwarzen und lichtempfindlichen Schwefelkupferschicht zu überziehen. In derselben Weise präparierte ich gleichzeitig eine Anzahl von Paaren, die ich leicht geschützt verwahrte, um sie nacheinander zu verwenden. Die Empfindlichkeit von dieser Art von Aktinometern bei einer gegebenen Lichtstärke ist nicht immer die gleiche, sondern verändert sich mit der Zeit; sie steigt zuerst bis sie ein gewisses Maximum erreicht, bleibt einige Zeit konstant und sinkt dann bis sie ganz vergeht. Die Zeitgrenzen, innerhalb deren diese Veränderungen der Empfindlichkeit vor sich gehen, sind nicht immer dieselben; die Zeit aber, die nötig ist, um die zur Zeichnung einer Kurve nötigen Punkte zu erhalten, ist so kurz, dass die Empfindlichkeit des Aktinometers sich während derselben gar nicht verändert. Obwohl die erhaltenen Kurven in ihren absoluten Werten und in ihrer Neigung zur Achse der Lichtstärken verschieden sind, so haben sie doch alle dieselbe Form und zeigen, wie die durch das Licht entwickelte elektromotorische Kraft sich nahezu umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung der Lichtquellen vom Aktinometer ver-

1) No. 7: Diese Zeitschrift **2**, 225, 1901.

hält. Die beleuchtete Scheibe ist negativ in Bezug auf die andere.

Jodkupfer.

4. Um die Kupferscheiben mit einer Jodverbindung zu überziehen, bade ich sie in einer alkoholischen Jodlösung. Aber weil sich während des Alkoholbades der Marineleim, mit dem sie auf dem Ebonit befestigt sind, gelöst hätte, und andererseits ich sie nach der Jodierung nicht wieder fest machen konnte, weil ich im Dunkeln arbeiten musste, da sich das Kupferjodür bei Licht verändert, so nahm ich meine Zuflucht zur Herstellung eines vulkanisierten Kautschukschildchens, in welchem während der Vulkanisierung die Kupferscheiben nach einer sehr einfachen Methode eingeschlossen bleiben. Sie wurden nachher ohne Schwierigkeiten durch Baden in der alkoholischen Jodlösung mit Jod überzogen. Die derart zubereiteten Platten besitzen eine gelblich-weisse Oberfläche, die auch in diffusem Licht sehr schnell schwarz wird. Auch bei diesen Aktinometern verändert sich die von der Wirkung des Lichts hervorgerufene elektromotorische Kraft im Laufe der Zeit; für eine Entfernung von 20 cm bis 2 m ist sie etwa umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung zwischen Lichtquelle und Aktinometer. Sind die Scheiben während einiger Zeit im Elektrolyten eingetaucht geblieben, so hat das Proportionalitätsgesetz mit nur geringerer Annäherung Geltung; bei ausreichend grossen Lichtstärken wächst die elektromotorische Kraft schneller als man nach dem Gesetz erwarten soll. Die beleuchtete Platte ist positiv in Bezug zur anderen Platte.

Schwefelsilber.

5. Die in der üblichen Weise auf das Ebonitschildchen befestigten Platten werden mit Schwefelsilber überzogen, indem man sie gasförmigem Schwefelwasserstoff aussetzt, nachdem sie zuvor durch reichliche Spülungen von jeder Spur von Fettigkeit befreit worden sind. Die Platten sehen bläulich-schwarz aus und bleiben lange Zeit unverändert. Auch für dieses Aktinometer wechselt die hervorgebrachte elektromotorische Kraft mit der Zeit; die erhaltenen Kurven weichen untereinander nur für die absoluten Werte der Ordinaten ab und bleiben in ihrer Form einander ähnlich. Bei Veränderung der Lichtstärken benimmt sich das Aktinometer aus Schwefelsilber sehr verschieden von den anderen. Für ziemlich kleine Lichtstärken kann man in der That sagen, dass die entwickelte elektromotorische Kraft umgekehrt proportional zum Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle ist; bei grossen Lichtstärken steigt sie sehr viel weniger schnell als die Lichtstärke. Die Kurve ähnelt einem Zweige der Parabel. Die beleuchtete Platte ist in Beziehung zur andern negativ.

Jodsilber.

6. Die bei den Kupferplatten angewandte Kautschuk-Umhüllung ist für Silber nicht brauchbar, da der im Kautschuk selbst enthaltene Schwefel sie sehr angreift. Ich exponierte sie deshalb direkt den Joddämpfen.[1]) Die derart zubereiteten Scheiben zeigten das übliche gelbliche Aussehen und wurden bei Einwirkung von Licht sehr rasch geschwärzt. Die entwickelte elektromotorische Kraft ist — kleine Unterschiede ausgenommen — umgekehrt proportional zum Quadrate der Entfernung zwischen Lichtquelle und Aktinometer. Für eine sehr lange, aber für jede Art von Aktinometer wechselnde Zeit bleibt eine solche Proportionalität bestehen; nachher sind die erhaltenen Kurven gar nicht mehr untereinander vergleichbar.

7. Für das Paar Jodsilber-Jodsilber habe ich auch zu verschiedenen Zeiten einige Kurven konstruiert, indem ich die Entfernung von der Lichtquelle festhielt und die Stärke der Lichtquelle selbst wechselte. Die aufeinanderfolgenden Lichtstärken wurden jedesmal mit dem Weberschen Photometer gemessen. Die erhaltenen Kurven, bei welchen wie gewöhnlich die Abscissen die Lichtstärken, die Ordinaten die Stärke des vom Lichte erzeugten Stromes angeben, nähern sich der geraden Linie und sind, was die Gestalt betrifft, kurze Zeit nach frischer Herstellung des Aktinometers untereinander vergleichbar; ist einige Zeit danach vergangen, so entspricht die elektromotorische Kraft nicht mehr dem Gesetze der Proportionalität, und die Kurven sind nicht mehr untereinander vergleichbar. Die beleuchtete Platte ist bezüglich zur andern positiv.

8. Ich habe strahlenmessende Apparate auch aus reinen Metallen hergestellt. Auf diese hat das Licht gar keine Wirkung — ein Resultat, das von mir gleich bei den ersten Versuchen beobachtet und auch von G. C. Schmidt[2]) festgestellt worden ist.

9. Ich glaube, dass man aus dem oben Dargelegten folgende Schlussfolgerungen ziehen kann:

a) die elektromotorische Kraft, die durch Einwirkung des Lichtes auf chemisch veränderte, metallische, in einen Elektrolyten getauchte Oberflächen entsteht, bleibt bei einer gegebenen Lichtstärke eine bei jeglicher Art von Aktinometern wechselnde Zeit zunächst konstant, wird dann veränderlich mit der Neigung abzunehmen und erlischt schliesslich vollkommen. Zwei aus identischen Elementen und unter anscheinend

1) La Lumière II, S. 65, 1868.
2) Wied. Ann. 67, 576, 1899.

identischen Bedingungen hergestellte Aktinometer zeigen nicht gleiche Empfindlichkeit.

b) In der ersten Periode, in der die Empfindlichkeit des Apparates konstant ist, verhält sich die durch Lichtwirkung auf Platten von Schwefel- und Jodkupfer und auf solchen von Jodsilber hervorgerufene elektromotorische Kraft umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung zwischen Lichtquelle und Aktinometer. Ist einige Zeit vergangen, so entspricht sie diesem Gesetz nicht mehr genau.

c) Die Platten aus Schwefelsilber stimmen durch die Art ihres Verhaltens mit diesem Gesetz ganz und gar nicht überein. Für sie kann man die durch die Lichtstärke in Aktion tretende elektromotorische Kraft durch den Zweig einer Parabel darstellen.

d) Unter der Einwirkung des Lichtes verändert sich das elektromotorische Vermögen rein-metallischer Oberflächen gar nicht (oder nur in unmerklichem Grade).

(Eingegangen 25. Januar 1900.)

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

Über die Bewegungen eines als flüssig angenommenen Äthers.[1])

Von Gustav Mie.

1. Aus den zahlreichen bisherigen Versuchen über Ätherbewegung kann man wohl mit ziemlicher Sicherheit schliessen, dass die Körpermoleküle für den Äther so gut als vollkommen durchlässig sind, da es noch nie gelungen ist, ihn durch Bewegungen der Moleküle mitzureissen. Man kann aber aus diesen Experimenten noch nicht ohne weiteres schliessen, dass er überhaupt starr und unbeweglich ist. Falls der Äther, wie es ja einige Theorien annehmen, flüssig ist, so fordern die Gesetze der Mechanik, dass er unter gewissen Umständen lediglich infolge innerer Druckkräfte zum Strömen kommen muss. Es ist Helmholtz gewesen, der zum ersten Male diese inneren Kräfte berechnet hat.[2])

Bekanntlich befindet sich ein elektromagnetisches Feld nur dann im Gleichgewicht, wenn die elektrische und die magnetische Feldintensität P und H die Bedingung erfüllen:

$$curl\, P = 0\,, \quad curl\, H = 0\,.$$

Wenn dies nicht der Fall ist, ändert sich das Feld, und zwar, wenn Körper vorhanden sind, an die es Energie abgeben kann, im allgemeinen unter fortwährendem Verlust an Energie so lange, bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist, in welchem die Energie des Feldes ein Minimum ist.

Beispielsweise ist der Vorgang der Ladung eines Metallkörpers durch einen Funken der, dass zunächst in der Funkenstrecke die elektrischen Kraftlinien ausgelöscht werden. Dadurch ist nun an dieser Stelle die Gleichgewichtsbedingung des Feldes gestört, es gerät in Oszillationen, bei welchen so lange Energie von den Leitern, von der Funkenstrecke und auch von dem Äther der weiteren Umgebung verzehrt wird, bis sich die Kraftlinien wieder elektrostatisch angeordnet haben, wo dann ihre Energie ein Minimum ist.

Wenn nun der Äther eine Flüssigkeit ist, so muss er nach den Gesetzen der Mechanik bei solchen Vorgängen gleichzeitig auch in Bewegung geraten und zwar im allgemeinen in dem Sinne, dass seine Bewegung die Erreichung der statischen Anordnung der Kraftlinien zu beschleunigen sucht. Unter Umständen kommt er schliesslich wieder zur Ruhe, unter andern Umständen kann er aber auch einen konstanten Bewegungszustand beibehalten, der dann natürlich auch den energieverzehrenden Faktoren hinzuzuzählen ist.

Die Untersuchungen über Existenz oder Nichtexistenz solcher Bewegungen scheinen mir von höchster Wichtigkeit zu sein, weil sie allein uns bestimmte Anhaltspunkte zur Lösung der Frage nach der Konstitution des Äthers gewähren können. Ich habe deswegen im Anschluss an die oben citierte Abhandlung von Helmholtz unternommen, die Theorie dieser Strömungen zu entwickeln. Ich habe indessen in meiner ersten Publikation[1]) über diesen Gegenstand die zum Teil recht komplizierten Schlüsse so kurz gefasst, dass es wohl nicht überflüssig sein dürfte, wenn ich im folgenden zuerst dieselbe Theorie noch einmal ausführlicher darlege. Die direkte Veranlassung hierzu giebt mir ein Artikel von Herrn W. Wien[2]), in welchem alle Einwände, die sich meiner Theorie in ihrer ersten kurzen Fassung noch zu bieten scheinen, hervorgehoben sind. Ich werde also erstens auseinandersetzen, weshalb das von mir aufgestellte Integral der Ätherbewegungsgleichungen das einzige mögliche ist, zweitens die Schlussfolgerung eingehender begründen, die ich aus meinen Versuchen gezogen habe. Herr Wien hat inzwischen die Freundlichkeit gehabt, mir persönlich seinen gegen diese Folgerung erhobenen Einwand, der mir bei der Lektüre seines Artikels noch unverständlich[3]) geblieben war, näher zu erklären.

1) Erweiterung eines auf der Aachener Naturforscherversammlung gehaltenen Vortrages.

2) Helmholtz, Folgerungen aus Maxwells Theorie über die Bewegungen des reinen Äthers; Wied. Ann. **53**, 135, 1893.

1) G. Mie, Über mögliche Ätherbewegungen; Wied. Ann. **68**, 129, 1899.

2) W. Wien, diese Zeitschrift **2**, 148, 1900.

3) G. Mie, diese Zeitschrift **2**, 181.

2. Nach dem Vorgange Helmholtz' mache ich folgende drei Annahmen:

1) Es wirken nur konservative äussere Kräfte auf den Äther, d. h. Kräfte, die ein eindeutiges Potential besitzen.

2) Der Äther zeigt bei seinen Bewegungen durchaus das Verhalten einer gewöhnlichen, reibungslosen, inkompressiblen Flüssigkeit.

3) Die Energie der Ätherteilchen setzt sich additiv zusammen aus elektrischer, magnetischer und Strömungsenergie, was natürlich allgemein nur dann möglich ist, wenn nicht der elektrische oder magnetische Zustand selbst eine endliche Strömung darstellt.

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass die Annahmen 2) und 3) bei dem rotationellen Äther Lord Kelvins[1]) und Sommerfelds[2]) nicht erfüllt sind. Wahrscheinlich aber wird es nicht schwer sein, die Theorie auch auf diese Fälle auszudehnen. Fürs erste scheint es mir vorteilhaft, die Theorie unter möglichst einfachen Annahmen zu entwickeln.

Ist μ die Massendichtigkeit des Äthers, (α, β, γ) seine Geschwindigkeit, p sein hydrostatischer Druck (vermindert um das Potential der äusseren Kräfte), (u, v, w) der Poyntingsche Energiestrom, $A = \frac{1}{3} \cdot 10^{-10}$ der reziproke Wert der Lichtgeschwindigkeit, so folgen aus den Helmholtzschen Untersuchungen die Bewegungsgleichungen des Äthers, von denen ich nur die erste hinschreibe:

$$\mu \cdot \left(\frac{\partial \alpha}{\partial t} + \alpha \cdot \frac{\partial \alpha}{\partial x} + \beta \cdot \frac{\partial \alpha}{\partial y} + \gamma \cdot \frac{\partial \alpha}{\partial z}\right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + A^2 \cdot \left[\frac{\partial u}{\partial t} + \gamma \cdot \left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}\right) - \beta \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right)\right]. \tag{1}$$

Bezeichnen wir ferner der Kürze wegen die Komponenten des Wirbels des Poyntingschen Vektors mit:

$$\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} = \xi, \quad \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} = \eta, \quad \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = \zeta,$$

ebenso die des Wirbels der Flüssigkeitsbewegung mit:

$$\frac{\partial \gamma}{\partial y} - \frac{\partial \beta}{\partial z} = \mathfrak{x}, \quad \frac{\partial \alpha}{\partial z} - \frac{\partial \gamma}{\partial x} = \mathfrak{y}, \quad \frac{\partial \beta}{\partial x} - \frac{\partial \alpha}{\partial y} = \mathfrak{z}$$

so ergeben sich, wenn man durch Differenzieren und nachfolgendes Subtrahieren aus den Gleichungen 1) p eliminiert, drei Gleichungen, von denen die erste lautet:

$$\mu \cdot \left(\frac{\partial \mathfrak{x}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}(\mathfrak{x} \cdot \beta - \mathfrak{y} \cdot \alpha) - \frac{\partial}{\partial z}(\mathfrak{z} \cdot \alpha - \mathfrak{x} \cdot \gamma)\right) = A^2 \cdot \left(\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}(\xi \cdot \beta - \eta \cdot \alpha) - \frac{\partial}{\partial z}(\zeta \cdot \alpha - \xi \cdot \gamma)\right). \tag{2}$$

Die Gleichungen 2) sind nun einer sehr einfachen Deutung fähig. Fassen wir nämlich ein ganz bestimmtes Ätherteilchen ins Auge und drei ganz bestimmte Querschnitte durch dasselbe: q_1, q_2, q_3, die momentan den Koordinatenebenen parallel sind, verstehen wir ferner unter ξ, η, ζ die Komponenten eines ganz beliebigen Vektors in diesem Flüssigkeitsteilchen, der mit unserem Problem gar nicht in Verbindung zu stehen braucht, so sind zunächst: $q_1 \cdot \xi$, $q_2 \cdot \eta$, $q_3 \cdot \zeta$ die Anzahlen der durch q_1, q_2, q_3 hindurchtretenden Vektorlinien. Die Änderungsgeschwindigkeit dieser Zahlen berechnet sich nun folgendermassen[1]):

$$\frac{d q_1 \cdot \xi}{dt} = \left(\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}(\xi \cdot \beta - \eta \cdot \alpha) - \frac{\partial}{\partial z}(\zeta \cdot \alpha - \xi \cdot \gamma)\right) \cdot q_1 \tag{3}$$

falls nur:

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z} = 0.$$

Mit Benutzung der Gleichungen 3) ergeben 2):

$$\mu \cdot \frac{d q_1 \mathfrak{x}}{dt} = A^2 \cdot \frac{d q_1 \xi}{dt}. \tag{4}$$

Das allgemeine Integral dieser Gleichungen ist:

$$\mu \cdot \mathfrak{x} = A^2 \cdot \xi + a$$
$$\mu \cdot \mathfrak{y} = A^2 \cdot \eta + b$$
$$\mu \cdot \mathfrak{z} = A^2 \cdot \zeta + c.$$

Hier bedeuten a, b, c die Komponenten eines Wirbels, dessen Linienzahlen für die drei Flächen q_1, q_2, q_3 auch, nachdem diese im weitern Verlauf der Strömung längst ihre ursprüngliche Richtung und Grösse geändert haben, stets konstant bleiben. Mit andern Worten: die durch das Teilchen hindurchtretenden Linien des Wirbels a, b, c bilden einen Wirbelfaden, für welchen der bekannte Helmholtzsche Satz gilt, dass das Produkt aus Querschnitt und Rotationsgeschwindigkeit konstant bleibt, wohin sich auch das Ätherteilchen bewegen möge.

Diese Wirbelbewegung (a, b, c) muss demnach bestehen bleiben, wenn das betrachtete Teilchen später in Gegenden kommt, wo weit und breit kein elektromagnetisches Feld besteht. Sie musste auch schon genau ebenso vorhanden sein, ehe das Teilchen in das Feld eintrat. Dieser Wirbel stellt also eine konstante spezifische Eigenschaft der Ätherteilchen, die ihn besitzen, dar und hat mit der durch das elektromagnetische Feld hervorgerufenen Bewegung

1) Sir W. Thomson, Mathematical and Physical Papers. Vol. III, Art. 99, 436. Mai 1890.

2) A. Sommerfeld, Wied. Ann. 46, 139, 1892.

1) Einen genauen Beweis dafür findet man beispielsweise bei Hertz, Über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für bewegte Körper. Ges. Werke Bd. II, 259.

nichts zu thun. Setzen wir nun voraus, wie es jede Äthertheorie thut, dass der Äther da, wo er weder durch elektrische oder magnetische Zustände gestört, noch mit greifbarer Materie erfüllt ist, durchaus homogen und isotrop ist, so sind für die Wirbel (a, b, c) im reinen Äther nur zwei Annahmen zulässig:

Entweder: diese Wirbel erfüllen den Äther in ganz regelloser Weise nach Art des von Lord Kelvin beschriebenen Wirbelschwammes.[1]) Dann bewirken sie, wie Lord Kelvin bewiesen hat, dass der Äther Eigenschaften annimmt, die von denen der gewöhnlichen Flüssigkeiten abweichen: er wird rotationell-elastisch.

Oder: die konstanten Wirbel (a, b, c) sind überall Null: $a = b = c = 0$.

Nachdem wir die Bedingung (2) aufgestellt haben, müssen wir diese zweite Möglichkeit wählen. Dann sind die Bewegungsgleichungen des Äthers:

$$5) \quad \left\{ \begin{aligned} \mu \cdot \left(\frac{\partial \gamma}{\partial y} - \frac{\partial \beta}{\partial z}\right) &= A^2 \cdot \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z}\right) \\ \mu \cdot \left(\frac{\partial \alpha}{\partial z} - \frac{\partial \gamma}{\partial x}\right) &= A^2 \cdot \left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}\right) \\ \mu \cdot \left(\frac{\partial \beta}{\partial x} - \frac{\partial \alpha}{\partial y}\right) &= A^2 \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right) \end{aligned} \right. .$$

Die Wirbellinien der Ätherbewegung fallen im reinen Äther stets mit den Wirbellinien des Poyntingschen Energiestromes zusammmen.

Mit Benutzung der Gleichungen (5) vereinfachen sich die Gleichungen (1) folgendermassen:

$$\mu \cdot \frac{\partial \alpha}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\tfrac{1}{2}\mu\omega^2\right) = A^2 \cdot \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial p}{\partial x},$$

$$\mu \cdot \frac{\partial \beta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}\left(\tfrac{1}{2}\mu\omega^2\right) = A^2 \cdot \frac{\partial v}{\partial t} - \frac{\partial p}{\partial z},$$

$$\mu \cdot \frac{\partial \gamma}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z}\left(\tfrac{1}{2}\mu\omega^2\right) = A^2 \cdot \frac{\partial w}{\partial t} - \frac{\partial p}{\partial z},$$

wo: $\omega^2 = \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2$.

Man kann aus diesen Gleichungen jetzt den hydrostatischen Druck p berechnen. Bezeichnen wir nämlich mit E die Dichtigkeit der Energie des elektromagnetischen Feldes, so dass:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{\partial E}{\partial t}$$

und berechnen wir das Potential Π einer fingierten Massenverteilung von der Dichtigkeit $\frac{A^2}{4\pi} \cdot \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$, d. h. eine Funktion, die die Bedingung erfüllt:

$$\nabla^2 \Pi = -A^2 \cdot \frac{\partial^2 E}{\partial t^2},$$

so ist:

$$p = C + \Pi - \tfrac{1}{2}\mu\omega^2.$$

Der Konstanten C können wir die Bedeutung der Kohäsion des Äthers beilegen, dann gelten die Gleichung (1) nur unter der Voraussetzung, dass p positiv, da für $p = 0$ sich eine Diskontinuitätsfläche bilden würde.

3. Wir setzen nun voraus, dass der Äther nicht nur inkompressibel, sondern auch von unbegrenzter Kohäsion ist. Alsdann gelten die Gleichungen (5) stets. Hinzu kommt:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x} + \frac{\partial \beta}{\partial y} + \frac{\partial \gamma}{\partial z} = 0 \qquad 6)$$

Nunmehr ist zur Integration der Gleichungen (5) nur noch nötig, dass bestimmte Annahmen über die in den Grenzflächen zwischen Äther und Atomen auftretenden Druckkräfte gemacht werden. Diese Grenzbedingung wird uns durch die experimentelle Erfahrung geliefert, dass bewegte Materie den Äther nicht in Bewegung zu setzen vermag. Ich füge diese Bedingung zu den drei oben gemachten Annahmen als vierte hinzu:

4) Die Körpermoleküle sind für den Äther vollkommen durchlässig.

Wir werden uns danach die Atome als singuläre Punkte im Äther (Ausgangspunkte elektrischer Spannungen) vorstellen, durch welche der Äther, ohne sie mitzunehmen und ohne merklichen Widerstand zu erfahren, einfach hindurchströmen kann.

Wollten wir nämlich annehmen, dass die ruhenden Atome dem durch sie hindurch- oder an ihnen vorbeiströmenden Äther einen Widerstand böten, der die Bewegung merkbar modifizierte, so müssten wir daraus notwendig schliessen, dass umgekehrt der ruhende Äther der bewegten greifbaren Materie denselben Widerstand leistete und folglich durch sie mitgerissen würde.

Es scheint freilich auf den ersten Blick sehr schwer, sich vorzustellen, dass die Atome vollkommen durchlässig sein sollen. Es genügt aber schon, wenn wir annehmen, dass die singuläre Stelle des Äthers, die den eigentlichen Kern des Atoms bildet, unendlich klein ist gegen den Abstand der Atomcentra voneinander. Wenn die Umgebung dieses Kernes, soweit sie bei materiellen Vorgängen mitwirkt (die sog. „Ätherhülle"), deren Durchmesser als Atomdurchmesser betrachtet wird, aus gewöhnlichem Äther ohne spezifische Singularitäten besteht, so kann der unendlich kleine Kern sehr wohl undurchlässig sein, ohne dass dadurch eine wesentliche Modifikation der Bewegungen eintritt. Ich werde in einer späteren Publikation noch einmal auf diesen Punkt zurückkommen.

Durch die Einführung der Annahme (4) ist mit einem Schlage die Theorie der Bewegungen des reinen Äthers in eine für den ganzen Äther gültige verwandelt, da es danach überhaupt nur reinen Äther giebt. Nur werden durch die von den Atomen ausgehenden elektrischen und

1) Sir W. Thomson. Phil. Mag. (5), Bd. **24**, 342, 1887.

magnetischen Kräfte die Bewegungen des Äthers etwas komplizierter, indem ausser der Strömung im grossen ganzen noch kleine Wirbelringe in der Nachbarschaft der Atome entstehen. Wir wollen nun die Hauptströmung des Äthers berechnen, zunächst unter der vereinfachenden Annahme, dass die infolge der Strömung induzierten elektrischen und magnetischen Feldintensitäten gegenüber den auch im ruhenden Äther vorhandenen sehr klein sind. Nachdem die Theorie unter dieser Annahme durchgeführt ist, werden wir dann später zu untersuchen haben, welche Modifikation sie durch die Einführung der induzierten Kräfte erfährt.

Wir wollen die Wirbel der Ätherbewegung berechnen, indem wir das Linienintegral des Poyntingschen Vektors längs einer geschlossenen Kurve berechnen. Wir erhalten dadurch die Zahl der von dieser Kurve umschlungenen Wirbellinien des Poyntingschen Vektors und also auch der Ätherströmung. Wenn man diese Kurve nur unendlich wenig variiert, so ergiebt sich wegen der Anwesenheit der Atomladungen ein ganz anderer Wert, und man hat nun, um die durchschnittliche Ätherströmung zu finden, den durchschnittlichen Wert des Linienintegrals für ein Kontinuum von Kurven zu bilden, welches einen sehr dünnen Faden erfüllt, dessen Querschnitt aber doch schon sehr viele Atome enthält. Der Querschnitt des Fadens sei konstant q, das eine der Kurven s enthaltende Fadenelement habe den konstanten Querschnitt dq, der Wert der zu s tangentialen Komponente des Poyntingschen Vektors sei f_s, die Mittellinie des Fadens s_m. Dann ist der gesuchte Durchschnittswert:

$$\frac{1}{q}\cdot\int\limits_q dq\cdot\int\limits_s f_s\cdot ds = \frac{1}{q}\cdot\int\limits_{s_m} ds\cdot\int\limits_q f_s\cdot dq.$$

Hier ist nun $\int\limits_q f_s\cdot dq$ der gesamte Energiestrom, der durch den Querschnitt q an einer Stelle des Fadens hindurchgeht. Dieser ist aber, wenn P' und H' die durchschnittlichen Werte der in q liegenden Komponenten der elektrischen und magnetischen Feldintensität sind, nach dem Poyntingschen Satz;

$$\int\limits_q f_s\cdot dq = \frac{1}{4\pi}\cdot P'\cdot H'\sin(P', H')\cdot q.$$

Ich hebe aber besonders hervor, dass dies nur gilt, wenn man auch die in der unmittelbaren Nähe der Atomladungen durch die Strömung induzierten Kräfte vernachlässigt. Bei dieser Vernachlässigung ist das Gesetz für die Hauptbewegung des Äthers im Innern der greifbaren Materie genau dasselbe wie im Vakuum.

Denn der Durchschnittswert des oben gebildeten Linienintegrals ist:

$$\frac{1}{q}\cdot\int\limits_q dq\cdot\int\limits_s fsds = \frac{1}{4\pi}\cdot\int\limits_{s_m} P'H'\cdot\sin(P', H')\cdot ds$$

wie im freien Äther.

Der einzige Unterschied ist, dass über diese Hauptströmung noch Wirbel von molekularen Dimensionen superponiert sind.

4. Wird speziell das Feld durch Überlagerung eines elektrostatischen und eines magnetostatischen Feldes gebildet, so verläuft der Poyntingsche Vektor cyklisch, d. h. es ist:

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0.$$

Daraus folgt für ein rein statisches Feld:

$$\alpha=\frac{A^2}{\mu}\cdot u,\quad \beta=\frac{A^2}{\mu}\cdot v,\quad \gamma=\frac{A^2}{\mu}\cdot w. \qquad (7$$

Ich benutzte nun, um nach einer Ätherströmung zu suchen,[1]) das homogene elektrische Feld eines ebenen Kondensators (Feldintensität P), welches senkrecht durchsetzt wurde von den Linien eines homogenen Magnetfeldes H. In diesem Felde müsste die Geschwindigkeit

$$\omega=\frac{A^2}{4\pi\mu}\cdot P\cdot H \qquad (8$$

herrschen, die man durch eine Messung der Lichtgeschwindigkeit in der Richtung senkrecht zu P und H müsste konstatieren können.

Ich bekam ein negatives Resultat, was sich bei der mit meiner Anordnung erreichten Empfindlichkeit noch mit der auseinandergesetzten Theorie in Einklang bringen liess, wenn man annahm $\mu > 10^{-10}$.

Gegen diese Folgerung hat nun Herr W. Wien eingewendet, dass die Gleichungen (7) nicht die einzig mögliche Lösung der Bewegungsgleichungen des Äthers darstellen. In dem von mir benutzten Felde habe der Poyntingsche Vektor keine Wirbel, es würden daher diese Gleichungen ebensogut z. B. auch durch $\omega = 0$ befriedigt. Ich habe hierauf erwidert, dass der Poyntingsche Vektor natürlich in der Grenze des Feldes seine Wirbelstellen hätte. Nachträglich habe ich erfahren, dass Herr Wien dies keineswegs übersehen hat, aber der Ansicht ist, dass sehr wohl in der Grenzschicht der Kondensatorplatten durch die Wirkung der Atome die inneren Spannungen des Äthers kompensiert werden können. In der That, wenn man die Annahme der völligen Durchlässigkeit der materiellen Atome nicht gelten lässt, so kann man der greifbaren Materie in der Grenzschicht der Kondensatorplatten eine Wirkung auf den Äther zuerkennen, welche seine

1) l. c. S. 133.

Geschwindigkeit in derselben Weise verringerte, wie wenn die an sich reibungslose Flüssigkeit zwischen zwei Platten mit gleitender Reibung hindurchginge. Im Maximum könnte dieser Widerstand der Atome die Ätherbewegung auf Null herunterbringen.

Dieser Einwand wird hinfällig, wenn man die Konsequenz auf das Verhalten des Äthers zur bewegten Materie zieht. Setzen die Kondensatorplatten dem Hindurchgleiten des Äthers einen merkbaren Widerstand entgegen, so kann man sie unmöglich durch den Raum bewegen, ohne dass sie den Äther mitreissen und ihm eine Geschwindigkeit mitteilen, die mindestens ein beträchtlicher Bruchteil ihrer eigenen ist. Wir wissen nun aber nach den Versuchen von Lodge und Fizeau über das Verhalten des Äthers in der Nähe und im Innern bewegter Körper, dass dies nicht der Fall ist.

Andererseits könnte man freilich auch Versuchsanordnungen benutzen, bei denen man einer Annahme über die Grenzbedingungen an der Oberfläche der Atome völlig überhoben ist. Herr Wien hat mich darauf aufmerksam gemacht, dass man dies beispielsweise erreicht, wenn man einen Kugelkondensator, dessen Dielektrikum das Vakuum ist, in ein homogenes Magnetfeld bringt. In diesem Falle ist der Poyntingsche Vektor in dem Felde im reinen Äther selbst nicht wirbelfrei und es ergeben sich daher unter allen Bedingungen Strömungen. Die Stromlinien sind aus Symmetriegründen Kreise um die durch das Kugelcentrum gehende magnetische Kraftlinie. Ist nun m die Ladung der inneren Kugel, so sind die elektrischen Feldintensitäten in den Abständen r_1 und r_2 vom Centrum:

$$P_1 = \frac{1}{A^2} \cdot \frac{m}{r_1^2}, \quad P_2 = \frac{1}{A^2} \cdot \frac{m}{r_2^2}.$$

Ist ferner H die magnetische Feldintensität, so ergiebt sich für zwei konzentrische Kreise in der zu H senkrechten Meridianebene mit den Radien r_1 und r_2 der Geschwindigkeitsunterschied

$$\omega_1 - \omega_2 = \frac{A^2}{4\pi\mu} \cdot H \cdot (P_1 - P_2).$$

Diese Differenz ist ganz unabhängig von einem etwaigen Einfluss der greifbaren Materie, obwohl dieser sich in den Werten ω_1 und ω_2 selbst bemerkbar machen könnte. Es scheint mir jedoch unmöglich, für die Bestimmung dieser Differenz eine Empfindlichkeit zu bekommen, die sich auch nur entfernt mit der bei meiner Anordnung erreichten messen könnte.

5. Es drängt sich nun die Frage auf, wo die Energie herkommt, die für die Bewegung des flüssigen Äthers nötig ist. Um anschaulich zu bleiben, beantworte ich diese Frage für die oben beschriebene Versuchsanordnung. Sei ε die Dielektrizitätskonstante, ϱ die Permeabilität des Dielektrikums in dem ebenen Kondensator. Dann sind der elektrische und der magnetische Induktionsfluss: $D = \varepsilon \cdot P$, $B = \varrho \cdot H$. Durch die Bewegung des Äthers senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien entsteht nun eine sehr kleine induzierte elektrische Kraft, und zwar zeigt eine einfache Überlegung, dass sie der Kraft P gerade entgegengesetzt gerichtet ist; ich bezeichne sie deswegen mit $-dP$.

$$-dP = -B \cdot \omega.$$

Diese Änderung der Feldintensität ist mit einer entsprechenden Änderung des Induktionsflusses (d. h. der Ladung der Platten) verbunden:

$$-dD = -\varepsilon \cdot B \cdot \omega.$$

M. a. W. Verbindet man die Kondensatorplatten mit einer Elektrizitätsquelle konstanter Spannung, so ist ihre Ladung bei bewegtem Äther kleiner als bei ruhendem; die Wirkung der das Feld durchquerenden magnetischen Kraftlinien ist also eine scheinbare Verminderung der Dielektrizitätskonstante im Verhältnis:

$$\left(1 - \frac{B \cdot \omega}{P}\right).$$

Die Energie des Feldes ist pro Volumeneinheit um

$$A^2 \frac{P \cdot dD}{4\pi} = A^2 \frac{D \cdot B}{4\pi} \cdot \omega \text{ [1]}$$

kleiner, als die, welche bei derselben äusseren Spannung ohne das Magnetfeld vorhanden wäre.

In ganz derselben Weise induziert das elektrische Feld im strömenden Äther eine sehr kleine magnetische Kraft:

$$-dH = -A^2 D \cdot \omega,$$

welche bewirkt, dass die Permeabilität im Verhältnis

$$\left(1 - \frac{A^2 \cdot D \cdot \omega}{H}\right)$$

verringert erscheint, und dass die Energie des Magnetfeldes um

$$\frac{1}{4\pi} \cdot H \cdot dB = \frac{A^2}{4\pi} \cdot B \cdot D \cdot \omega \text{ pro Volumen } 1$$

abnimmt, sobald der Kondensator geladen wird.

Wir wollen uns nun den Versuch in der Weise ausgeführt denken, dass zunächst der Elektromagnet erregt ist. Wenn man nun den Kondensator ladet, so wird die Wirkung genau dieselbe sein, als ob man den Luftzwischenraum plötzlich ein wenig vergrösserte. Die Energie des Magnetfeldes, welche hierbei frei wird, kommt einfach dem magnetisierenden Strome zu gut und vermehrt für einen Moment die Stromwärme um einen äusserst kleinen Betrag, der aber genau gleich dem eben berechneten Energieverlust des Feldes ist. Man kann diese Energie auch auffangen, wenn man um den

1) Alle Grössen sind immer im elektromagnetischen Masssystem gemessen.

Kondensator in der zum Magnetfeld senkrechten Ebene eine Spule aufwickelt. Die Änderung des Magnetfeldes wird alsdann in dieser einen Induktionsstromstoss erzeugen, der die Energie absorbiert.

Nicht so einfach liegen die Verhältnisse bei der Ladungsenergie des Kondensators. Diese beträgt, wenn kein Magnetfeld vorhanden ist:

$$\frac{A^2}{8\pi} \cdot P \cdot D \text{ pro Volumeneinheit.}$$

Mit dem Magnetfeld also:

$$\frac{A^2}{8\pi} \cdot P \cdot (D - dD),$$

wo dD die oben berechnete Grösse hat. Nun haben wir aber gesehen, dass die elektrostatische Energie durch die Anwesenheit des Magnetfeldes um die Grösse $\frac{A^2}{4\pi} \cdot P \cdot dD$ pro Volumeneinheit verkleinert wird. Es bleibt folglich von der zum Laden verbrauchten Energie noch $\frac{A^2}{8\pi} \cdot P . dD$ übrig, die dem elektrostatischen Felde nicht zu gute kommt. Da kein anderer Gegenstand vorhanden ist, der diese Energie verschluckt haben könnte, bleibt nur die eine Möglichkeit, dass der Äther sie für seine Bewegung verbraucht. Setzen wir nun für dD den oben gefundenen Wert ein, so erhalten wir:

Die kinetische Energie des strömenden Äthers:

$$E = \frac{A^2 \cdot B \cdot D}{8\pi} \cdot \omega = \varrho \cdot \varepsilon \cdot \tfrac{1}{2} \mu \omega^2 \tag{9}$$

pro Volumeneinheit.

Da im reinen Äther $\varrho = \varepsilon = 1$, so stimmt dieser Ausdruck hier in der That mit dem bekannten Wert der kinetischen Energie einer fortschreitenden Bewegung überein. In anderen Dielektricis ist der Wert grösser, offenbar deswegen, weil noch die Energie der kreisenden Ätherbewegungen um die einzelnen Atome hinzukommt.

6. Man könnte nun die scheinbare Änderung der Dielektrizität oder der Permeabilität durch die Ätherströmung benutzen, um eine Messung zu machen, die voraussichtlich einer grösseren Empfindlichkeit fähig wäre, als die zuerst von mir versuchte optische Messung. Sind ε' und ϱ' die scheinbaren Werte dieser Grössen in dem Felde mit senkrecht gekreuzten elektrischen und magnetischen Kraftlinien, so ergiebt sich aus den Betrachtungen des vorigen Paragraphen:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon' &= \varepsilon \cdot \left(1 - \frac{A^2}{4\pi\mu} \cdot H \cdot B\right) \\ \varrho' &= \varrho \cdot \left(1 - \frac{A^4}{4\pi\mu} \cdot P \cdot D\right) \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

Eine ungefähre Rechnung zeigte mir, dass man wenigstens durch die Messung der Kapazitätsänderung eines Kondensators im Magnetfeld die früher erhaltene Grenze von μ (10^{-10}) würde höher hinaufrücken können. Allein trotz langer und zeitraubender Bemühungen scheiterte dieser Versuch daran, dass es mir nicht gelang, einen Kondensator herzustellen, dessen Platten so schmale Streifen bildeten, als ich sie für den engen Zwischenraum zwischen den Polflächen des Elektromagneten brauchte, und der doch gleichzeitig eine genügend grosse Kapazität mit hohem Isolationswiderstand und grosser Durchschlagsfestigkeit verband.

Dagegen zeigte eine andere Überlegung mir einen leichter gangbaren Weg. Ein ganz homogenes elektrisches Feld hat man im Innern eines stromdurchflossenen Leiters von kleinem konstanten Querschnitt, z. B. eines Drahtes. Bringt man einen solchen Stromleiter in ein sehr starkes Magnetfeld, gegen welches das eigene Feld des Stromes verschwindend klein ist, so kann man die Bewegung des Äthers in diesem Felde gerade wie in einem Kondensator berechnen. Die induzierte Feldintensität im Innern des Leiters bewirkt nun eine Schwächung des Stromes, genau so, als ob die Leitfähigkeit k abgenommen hätte nach der Formel:

$$k' = k \cdot \left(1 - \frac{A^2}{4\pi\mu} \cdot H \cdot B\right)$$

oder, wenn ϱ die Permeabilität des Leiters ist:

$$k' = k \cdot \left(1 - \frac{A^2}{4\pi\mu} \cdot \varrho \cdot H^2\right) \; . \; . \tag{11}$$

Um die Messung wirklich auszuführen, hat man besonders auf zweierlei zu achten, nämlich: dass die Temperaturschwankungen des Drahtes möglichst klein sind, und dass die Kontakte tadellos sind. Ich nahm, um Wirbelströme im Leiter selbst möglichst zu verhüten, einen sehr dünnen Neusilberdraht (0,02 mm dick), kittete ihn mit Siegellack auf einen Holzstreifen und umgab ihn mit einer dicken Siegellackschicht, so dass er auch vor äusseren Wärmewirkungen möglichst geschützt war. An die Drahtenden wurden dicke Kupferdrähte angelötet, auf denen sich Klemmschrauben befestigen liessen. Trotzdem zeigte das Galvanometer in der Brücke einer Wheatstoneschen Kombination, deren einer Zweig der Draht war, keine ganz konstante Einstellung, aber die Schwankungen waren so langsam, dass ich die Messung doch glaubte ausführen zu können. Der Draht wurde also zwischen die Polschuhe des schon früher benutzten Elektromagneten gebracht und es zeigte sich nun in der That, sobald der Magnet erregt wurde, ein ganz kleiner Ausschlag des Galvanometers (gegen 0,5 mm), der zurückging, wenn der Erregerstrom unterbrochen wurde. Der Ausschlag hing nicht vom Sinn der Magnetisierung ab, er entsprach stets einer scheinbaren Vergrösserung des spezifischen Wider-

standes und zwar um ungefähr den 10^5ten Teil. Die Feldstärke H wurde mit der Wismutspirale gemessen, sie war ziemlich genau 10^4. Da ferner in Neusilber $\varrho = 1$ ist, so würde die Formel (11) ergeben $\mu \backsim 10^{-9}$.

Wollte man indessen ohne weiteres die gefundene Widerstandsvermehrung auf eine Bewegung des Äthers zurückführen, so machte man jedenfalls einen schlimmen Trugschluss. Es ist ja zu erwarten, dass alle Leiter eine wirkliche Widerstandsvermehrung im Magnetfeld erfahren, die in besonders hohem Masse das Wismut zeigt. Wir dürfen daher nur den negativen Schluss ziehen, dass die spezifische Masse des Äthers sicher nicht kleiner ist als 10^{-9}.

$$\mu > 10^{-9}.$$

Wahrscheinlich könnte man sich von der Wirkung des Magnetfeldes auf das Leitvermögen, die doch wohl auf eine Ablenkung der Elektronen aus ihrer geraden Bahn zurückzuführen ist, frei machen, wenn man äusserst dünne Metallspiegel benützte. Schon die Abnormitäten der thermischen Widerstandsänderung in sehr dünnen Metallschichten[1]) weisen darauf hin, dass die Bewegungen der Ionen in ihnen nicht mehr die Freiheit haben, wie in einem Drahte. Ich begann daher einen Versuch mit einem sehr dünnen Silberstreifen auf Glas, hatte aber zunächst Schwierigkeiten mit dem Kontakt an den Eintrittsstellen des Stromes. Ich führte diesen Versuch nicht mehr zu Ende, da neue theoretische Überlegungen mir inzwischen zeigten, dass selbst, wenn wir einen flüssigen Äther voraussetzen, doch positive Versuchsresultate, wenigstens bei meiner Anordnung, erst erwartet werden dürfen, wenn die Empfindlichkeit ungeheuer gesteigert wird.

7. Bisher habe ich nämlich immer unter Vernachlässigung derjenigen Feldintensitäten gerechnet, welche in der Umgebung der Atome durch die Strömung des Äthers induziert werden. Diese Vernachlässigung ist in der That erlaubt, wenn die elektrischen Atomladungen auf Körperchen verteilt sind, die ungefähr molekularen Durchmesser haben. Sind die Ladungen aber auf einen sehr viel kleineren Raum konzentriert, so können die Induktionswirkungen und die durch sie hervorgerufenen Wirbelbewegungen nicht mehr vernachlässigt werden. Es zeigt sich, dass alsdann die Anwesenheit der Atome, obwohl sie noch immer als vollkommen durchlässig betrachtet werden sollen, doch auch die Hauptströmung des Äthers wesentlich modifizieren muss. Welcher Art nun diese Modifikation der Ätherbewegungsgleichungen sein wird, gedenke ich in einem demnächst folgenden Artikel darzuthun.

(Eingegangen 26. Januar 1901.)

1) Vgl. A. C. Longden, Diese Ztschr. 1, 605, 1900.

Über das sprechende Licht.

Von Ernst Ruhmer.

Herr H. Th. Simon veröffentlichte vor kurzem eine interessante Mitteilung über den sprechenden Flammenbogen, seine Theorie und seine Verwendung zu einer drahtlosen Telephonie.[1])

Im folgenden mögen einige Notizen zu demselben Gegenstand gegeben werden.

Zunächst dürfte es noch nicht allgemein bekannt sein, dass auch andere Flammen als der elektrische Flammenbogen auf periodische Stromschwankungen, wenn auch mit sehr viel schwächeren Schallwirkungen ansprechen; wenigstens weist Herr Simon in einer früheren Arbeit[2]) auf das negative Ergebnis eines derartigen Versuches hin.

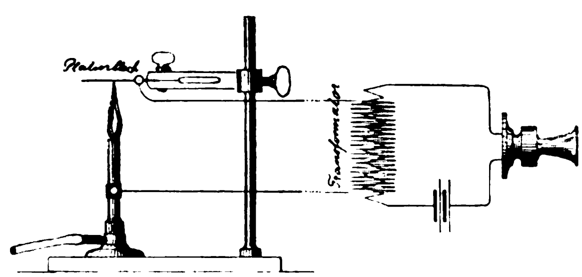


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt die Versuchsanordnung mit dem Bunsenbrenner. Die Mikrophonstromimpulse werden in dem Transformator auf höhere Spannung transformiert und der leuchtenden Bunsenflamme einerseits durch den Fuss des Bunsenbrenners, andererseits durch ein in die Flamme hineinragendes Platinblech zugeführt.

Herr Simon hat in ausführlicher Weise die Theorie des sprechenden Lichtbogens entwickelt und auch theoretisch einen Mikrophontransformator abgeleitet, der die günstigsten Resultate zu erhalten gestattet.

Die Voraussetzung war dabei, unter Wahrung der Klangfarbe eine möglichst laute Übertragung zu erzielen.

Zu diesem Zwecke ist erforderlich, dass die dem Lampenstrome aufgeprägte Induktionsstromstärke J_2 von der Schwingungszahl n unabhängig sei.

Legt man aber hauptsächlich auf die Laut-

1) Diese Zeitschrift 2, 253, 1901.
2) Vgl. Wied. Ann., 64, 238, 1898.

stärke einzelner Töne Wert, wie z. B. bei der Übertragung von Pfeifen oder Musik, wo die Klangfarbe nicht eine so grosse Rolle spielt wie bei der Sprache, so kann man unter Zugrundelegung der Simonschen Ableitung eine modifizierte Betrachtung durchführen, die mannigfache anscheinende Widersprüche der bisherigen experimentellen Erfahrungen aufzuklären geeignet scheint.

Es ist unter Beibehaltung der Simonschen Bezeichnungsweise:[1])

$$1)\qquad \mathcal{J}_2 = \frac{\triangle R_0 \mathcal{J}_0 M}{N} sin \left\{ \qquad \right\}$$

wo

$$2)\qquad N^2 = (R_0 L_2 - R_2 L_1)^2 + \frac{R_0{}^2 R_2{}^2}{\omega^2}$$

Soll $\mathcal{J}_2$ ein Maximum werden, so tritt dies offenbar ein, falls

$$3)\qquad R_0 L_2 - R_2 L_1 = 0 \text{ ist,}$$

oder wenn: $\frac{R_0}{R_2} = \frac{L_1}{L_2}$.

Es wird dann:

$$4)\qquad \mathcal{J}_2 = \frac{\triangle R_0 \mathcal{J}_0 M.}{R_0 R_2} \omega \cdot sin \left\{ \qquad \right\}$$

d. h. die induzierte Stromstärke ist proportional der Mikrophonwiderstandsänderung $\triangle R_0$, der Mikrophonstromstärke $\mathcal{J}_0$, dem Koeffizienten der gegenseitigen Induktion M, der Schwingungszahl n und umgekehrt proportional dem Widerstande des primären und des sekundären Stromkreises.

Hohe Töne werden also besser übertragen als tiefere, was mit der Erfahrung völlig in Übereinstimmung steht.

Aus der Beziehung 3) folgt, da die Selbstinduktionskoeffizienten cet. par. dem Quadrate der Windungszahlen proportional sind:

$$5)\qquad \frac{R_0}{R_2} = \frac{N_1{}^2}{N_2{}^2} \text{ oder } \frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{R_0}{R_2}}$$

Aus der Beziehung 4) und 5) ergiebt sich die Notwendigkeit zur Konstruktion einer günstig wirkenden Spule möglichst viele Windungen dicken Drahtes zu verwenden und die Windungszahlen von primärer und sekundärer Spule im Verhältnis $\sqrt{R_0} : \sqrt{R_2}$ zu wählen.

Da der Widerstand der Spulen selbst gegen den Widerstand des übrigen Stromkreises vernachlässigt werden kann, so müssen also die Windungszahlen im Verhältnis der Quadratwurzel aus Mikrophonwiderstand zu Bogenlampenwiderstand gewählt werden.

Es erklärt sich hieraus der merkwürdige Umstand, dass unter Beibehaltung einer und derselben Transformationsspule die Lautwirkung mit zunehmender Stromintensität der Bogenlampe bei gleicher Netzspannung (erreicht durch Verminderung von R_2) abnehmen kann, während man in Übereinstimmung mit Herrn F. Braun[1]) das Gegenteil erwarten sollte.

Umgekehrt spricht beispielsweise eine mit 20 Ampère betriebene Bogenlampe mit der gleichen Spule bei höherer Betriebsspannung unter Vermehrung des Vorschalt-Widerstandes bedeutend besser, als bei niedriger Spannung mit weniger äusserem Widerstand. Damit steht auch jedenfalls im Zusammenhang, dass Herr Duddell bei seinen Verhältnissen 12 Ampère als günstigste Betriebsstromstärke herausfand[2]).

Verfasser benutzte mit Erfolg eine Transformationsspule, deren Windungszahlen im Verhältnis 1 : 2,5 standen; letzteres wurde durch Ausprobieren an einem Transformator mit variabler Übersetzung als günstigstes herausgefunden. Die sekundäre, vom Lampenstrom durchflossene Spule besass also mehr Windungen als die primäre Mikrophonspule.

Auch die Übertragung der Sprache dabei war eine ausgezeichnete, so dass man jedes Wort deutlich in einem grossen Saal verstehen konnte.

Die Betriebsspannung der benutzten Bogenlampe betrug 110 Volt, die Stromstärke ca. 10 Ampère.

Der Mikrophonwiderstand im erwärmten Zustande zu ca. 2 Ω bestimmt, den Vorschalt-Widerstand zu ca. 10 Ω angenommen, würde sich nach dem Obigen theoretisch als günstigstes Übersetzungsverhältnis $= 1 : \sqrt{5} =$ ca. 1 : 2,2 ergeben, was recht gut mit dem durch Probieren gefundenen Verhältnis übereinstimmt.

Als die gleiche Spule bei einer Betriebsspannung von 72 Volt bei gleicher Bogenlampenstromstärke zur Verwendung kommen sollte, waren die Wirkungen bedeutend schlechtere. Erst eine Spannungserhöhung unter entsprechender Erhöhung des Vorschalt-Widerstandes ergab wieder gleich gute Resultate.

Nach dem Mitgeteilten ist ohne weiteres ersichtlich, dass bei dem Experiment mit dem Bunsenbrenner, wo bedeutendere Widerstände in Frage kommen, die sekundäre Wicklung des Transformators eine entsprechend hohe Windungszahl besitzen muss.

Da also bei gegebener Netzspannung und bestimmter Betriebsstromstärke ein bestimmtes Übersetzungsverhältnis die besten Wirkungen erzielen lässt, so ist es vorteilhaft, einen Transformator mit variabler Übersetzung zu verwenden.

Am besten erscheint zu diesem Zwecke ein nach Art der Sparschalttransformatoren hergestellte Induktionsspule, deren Anordnung Fig. 2 erkennen lässt.

1) Vgl. loc. cit. Formel 10 und 12, S. 256.

1) Vgl. Wied. Ann. **65**, 358, 1898.
2) Vgl. The Electrician p. 271, 1901.

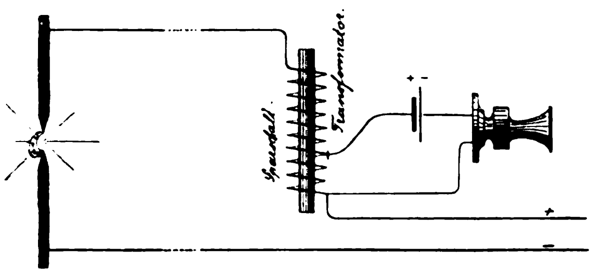


Fig. 2.

Der Transformator besitzt nur eine Wicklung, alle Windungen werden beispielsweise vom Bogenlampenstrom, nur ein Teil vom Mikrophonstrom durchflossen. Je nach der Stelle des Transformators, an welcher man die Abzweigung vor-

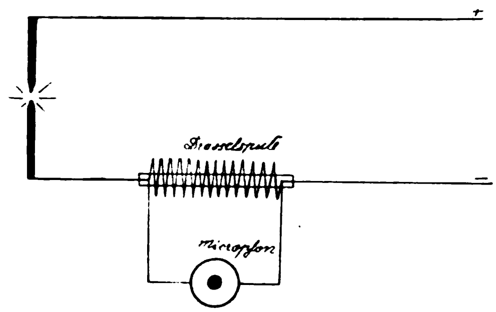


Fig. 3.

nimmt, kann man das Übersetzungsverhältnis regulieren.

Für den Fall, dass letzteres gerade 1 : 1 beträgt, geht die Schaltung in die in Fig. 3 schematisch wiedergegebene über, die gleichzeitig von Herrn Simon und vom Verfasser angewandt wurde. Bei passender Wahl des Widerstandes der Induktionsspule bedarf man keiner besonderen Mikrophonbatterie. Wie eine einfache mathematische Überlegung darthut, sind die auf diese Weise erzielbaren Stromschwankungen im Bogenlampenstromkreise recht beträchtlich.

Diese Anordnung, welche wohl die einfachste ist und besten Resultate erzielen lässt, ist entschieden der vom Verfasser vorgeschlagenen Parallelschaltung von Mikrophon und Bogenlampe (Fig. 4) vorzuziehen.

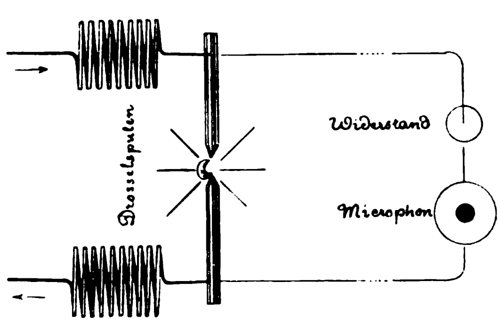


Fig. 4.

Um die Forderung möglichst hoher Mikrophonstromstärke zu erfüllen, wurde das benutzte Kohlenkörnermikrophon der Firma Mix & Genest, welches sich neben dem Berlinerschen Transmitter am besten zu diesen Versuchen eignet, unter häufiger Drehung der Mikrophonkapsel, mit 3 Akkumulatoren betrieben. Das Mikrophon leidet durch solche starke Beanspruchung sehr. Es wurde daher versucht, den gleichen Zweck durch Parallelschaltung mehrerer solcher Mikrophone unter Verminderung der Betriebsspannung zu erreichen. Zwar wurde durch Vermehrung der Mikrophone die Stromstärke vergrössert, allein die Stromschwankungen wurden immer geringer, da die einzelnen Mikrophone ungleich hohen Widerstand besitzen und die Stromschwankungen eines Mikrophones sich durch die anderen parallel geschalteten grösstenteils ausgleichen.

Auch wenn man jedem der Mikrophone eine eigene Batterie giebt, hat man nichts gewonnen. Erst nach Anwendung der in Fig. 5

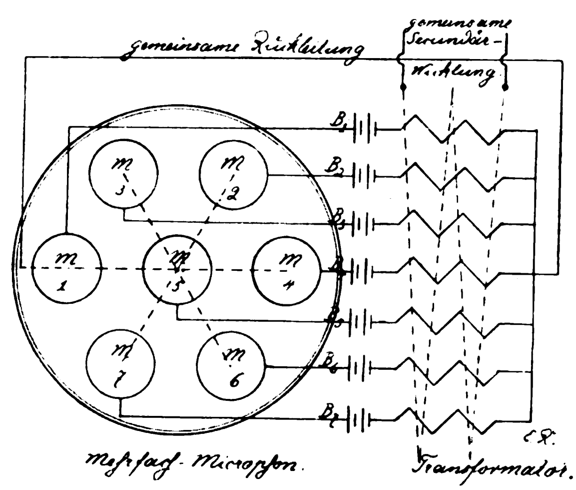


Fig. 5.

schematisch dargestellten Schaltung, wonach jedes Mikrophon seine eigene Transformationsspule erhält, konnte die Wirkung gesteigert werden, wenn auch bei weitem nicht im Verhältnis der Anzahl der zur Anwendung kommenden Mikrophone. Diese letztere Anordnung kann auch, wie beiläufig bemerkt werden mag, mit Vorteil zum Betrieb eines lautsprechenden Telephons benutzt werden, worauf demnächst ausführlicher eingegangen werden soll.

Zum Schluss mögen noch einige praktische Bemerkungen bezüglich der Anwendung des sprechenden Lichtes zu einer Flammentelephonie folgen.

Die bisher im Handel käuflich zu habenden Selenzellen, von denen sich jene der Firma Clausen & v. Bronk, Berlin, durch besondere Lichtempfindlichkeit auszeichnen, besitzen im

allgemeinen den Übelstand zu hohen inneren Widerstandes.

Um einigermassen zufriedenstellende Resultate zu erzielen, empfiehlt sich die Anwendung besonders empfindlicher Telephone, deren Kerne vorteilhaft mit 0,03 mm Silberdraht bewickelt werden, damit der innere Widerstand der in Serie geschalteten Telephone dem der Selenzelle (ca. 10—100000 Ohm) näher kommt.

Die Anwendung eines Transformators, dessen sekundäre Spule etwa denselben Widerstand wie die Selenzelle besitzen musste, ist wegen der grossen Selbstinduktion und der damit verbundenen undeutlichen Wiedergabe nicht zu empfehlen — dagegen erscheint es aussichtsreich, grössere Selenzellen mit geringerem Widerstande, ca. 100 Ohm, zu benutzen, deren Herstellung sich ohne weiteres praktisch durchführen lässt.

Mit einer aussergewöhnlich lichtempfindlichen Selenzelle, deren Widerstand bei Belichtung auf den zehnten Teil des ursprünglichen Widerstandswertes herabsank, konnten bereits überraschend günstige Wirkungen erzielt werden.

Die durch Belichtung mittelst „sprechenden Lichtes" erzielten Stromschwankungen reichten aus, um den hochwiderständigen Schreibmagneten eines Telegraphons zu beeinflussen.

Die Anwendung des Poulsenschen Apparates als „Photographon" ist entschieden für die Praxis von grosser Bedeutung, da die lichttelephonisch übertragenen Gespräche sich so in einfachster Weise selbstthätig magnetisch registrieren lassen.

(Eingegangen am 4. Februar 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Kerntler, F., Die Unität des absoluten Masssystems in Bezug auf magnetische und elektrische Grössen. gr. 8. VIII u. 46 S. Leipzig, B. G. Teubner. Mk. 1.50.

Livre jubilaire dédié à H. A. Lorentz, professeur de physique à l'Université de Leiden. Recueil de travaux offerts par les auteurs à l'occasion du 25e anniversaire de son doctorat. Ein Band, 678 Seiten, gr. 8⁰. Mit Tafeln. Lwd. (Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles. 2e Serie, Tome V). Preis Mk. 12.—.

Lorenz, H., Dynamik der Kurbelgetriebe mit besonderer Berücksichtigung der Schiffsmaschinen. Mit 66 Textfiguren. gr. 8. VIII u. 156 S. Leipzig, B. G. Teubner. Mk. 5.—.

Stolz, O., und **Gmeiner, J. A.**, Theoretische Arithmetik. gr. 8. Leipzig, B. G. Teubner.

1. Abteilung: Allgemeines. Die Lehre von den rationalen Zahlen. 2. umgearbeitete Auflage der Abschnitte I—IV des I. Teiles der Vorlesungen über allgemeine Arithmetik von O. Stolz. Mit sechs Figuren im Text. IV u. 98 S. Mk. 2.40.

Tagesereignisse.

Die Société technique du gaze in Paris erlässt ein internationales Preisausschreiben mit folgenden Höchstpreisen: 10000 Franken für den Erfinder eines neuen Glühbrenners, 10000 Franken für Verbesserung an den Apparaten zur Herstellung und Benutzung von Gas, 5000 Franken für Verbesserungen an koksverbrauchenden Apparaten, 5000 Franken für einen praktischen automatischen Anzünder, 8000 Franken für jeden anderen die Gasindustrie interessierenden Gegenstand.

Personalien.

Der a. o. Professor für Mathematik in der philosophischen Fakultät der Universität München Dr. Alfred Pringsheim ist zum o. Professor ernannt worden.

Der Geh. Regierungsrat, Professor der Geodäsie an der königl. Technischen Hochschule, Dr. Richard Doergens, ist im Alter von 61 Jahren gestorben.

Der Professor für Maschinenbau am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich, A. Stodola, hat einen an ihn ergangenen Ruf an das Polytechnikum in Karlsruhe abgelehnt.

Berichtigungen.

Durch ein Versehen sind in der Mitteilung des Herrn Pockels, „Über die bei Blitzentladungen erreichte Stromstärke", (2, 306, 1901) folgende vom Verfasser gewünschte Korrekturen unterblieben:

S. 306 Spalte I Zeile 15 v. o. lies „Stromstärke" statt Stromsträrke; Citat unter der Spalte lies: Meteorol. Zeitschr. 15, 41, 1898.

S. 306 Spalte II Zeile 4 v. o. lies „angenommen" statt eingenommen.
„ „ „ II „ 33 „ „ „ durch die Freundlichkeit von Herrn Chistoni.
„ „ „ II „ 38 „ „ „ „in" statt im.
„ „ „ II „ 11 „ u. „ „305" statt 303.
„ 307 „ I „ 4ff. „ o. „ „zukam, falls dieselben gleichgerichtet, hingegen dem letzten, falls sie abwechselnd entgegengesetzt gerichtet waren. Die angegebenen Zahlen werden übrigens . . . ."

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 22. 2. März 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Funkentelegraphie und Elektrodynamik.

Von M. Abraham.

Als Heinrich Hertz die Eigenschaft des elektrischen Funkens entdeckte, sehr schnelle elektrische Oszillationen auszulösen, da verfolgte er das Ziel, zwischen den verschiedenen, damals aufgestellten elektrodynamischen Theorien zu entscheiden. Seine Versuche bestätigten in überzeugender Weise die Maxwell'sche Theorie; sie zeigten, dass die elektrischen Wellen mit Lichtgeschwindigkeit in den Äther hinaus eilen, dass sie, wie es Maxwell behauptete, von den Lichtwellen sich nur durch die grössere Wellenlänge unterscheiden.

Ein telegraphischer Verkehr mittelst Hertzscher Wellen auf grössere Entfernungen hin, die sogenannte „Funkentelegraphie", wurde zuerst von Herrn Marconi ins Werk gesetzt. Hierbei erwiesen sich verschiedene Modifikationen der bei Laboratoriumsversuchen üblichen Anordnung als zweckmässig. Man brachte am Erreger einen vertikalen Draht an; von diesem Sendedrahte strahlen die Wellen nach allen Seiten in den Äther hinaus, und tragen die telegraphischen Signale zur Empfangsstation. Hier befindet sich ein ähnlicher Draht, der die Wellen auffängt; die Widerstandsänderung eines Kohärers dient als Reagens auf die elektrischen Oszillationen des Empfangsdrahtes.

Neuerdings gelang es den Herren Professor Slaby und Graf Arco,[1]) einen Fortschritt der Funkentelegraphie dadurch zu erzielen, dass sie Sendedraht und Empfangsdraht aufeinander abstimmten. Dass eine solche Abstimmung möglich ist, lässt auf regelmässige Schwingungen von bestimmter Frequenz in den Drähten schliessen. Alsdann hängt, wie die akustische Analogie nahe legt und Experimente über die elektrische Resonanz bestätigt haben, die Stärke des Mitschwingens des Empfangsdrahtes wesentlich von den Perioden und Dämpfungsdekrementen der Eigenschwingungen der beiden Drähte ab. Ist die Dämpfung des Gebers stark, die des Empfängers gering, so schwingt der Empfänger in der Frequenz seiner Eigenschwingungen, welches auch die Frequenz des Gebers sein möge; ist umgekehrt die Dämpfung des Empfängers gross gegen die des Gebers, so schwingt der Empfänger in der Frequenz der einfallenden Wellen. Will man eine möglichst reine Abstimmung erzielen, so wird man nicht nur die Perioden der beiden Apparate in Übereinstimmung zu bringen, sondern auch die Dämpfung herabzumindern suchen.

Welche Umstände sind nun für die Dämpfung der elektrischen Schwingungen maassgebend? Bei Wechselströmen geringer Frequenz ist es hauptsächlich der Leitungswiderstand der Drähte, bei den hohen Frequenzen aber, die bei der Funkentelegraphie verwandt werden, kommt nicht minder die Dämpfung durch Ausstrahlung in Betracht. Die Wellen, die als Träger der telegraphischen Signale dienen, führen eine bestimmte Energie mit sich; diese wird den Schwingungen des Sendedrahtes entzogen, deren Amplituden dadurch mehr und mehr abnehmen. Die Dämpfung durch Ausstrahlung ist demnach bei der Funkentelegraphie unvermeidlich.

Die Methoden der theoretischen Elektrodynamik gestatten es, die verschiedenen dämpfenden Einflüsse abzuschätzen. Sie bestimmen die Verteilung des Stromes längs der Drähte, die Ausbreitung der Wellen im Äther, die ausgestrahlte, und die im Leiter dissipierte Energie.

Die erste Frage ist: Wie pflanzen sich elektrische Wellen längs eines Leitungsdrahtes fort, welche Wirkung übt das freie Ende aus? Die Gesetze der Fortpflanzung elektrischer Störungen längs eines unbegrenzten, gut leitenden Drahtes stimmen formal überein mit den bekannten Bewegungsgesetzen des gespannten Drahtes. Dennoch ist die physikalische Natur der beiden Erscheinun-

1) Elektrot. Ztschr. 1901, Heft 2; vgl. auch diese Zeitschr. 2, 270, 1901.

gen eine wesentlich verschiedene. Denn bei der mechanischen Welle ist der Sitz der Schwingungsenergie der Draht selbst, bei der elektrischen ist es der umgebende Äther. Der Draht dient hier nur zur Fortleitung der Wellen; der elektrische Strom beschränkt sich auf die äusserste Grenzschicht des Leiters, dessen Inneres gegen elektrische und magnetische Kräfte schirmend. Was geschieht nun, wenn die Welle am freien Ende F des Drahtes (s. Figur 1) anlangt? Bei

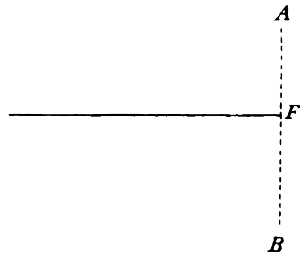


Fig. 1.

der mechanischen Schwingung findet vollständige Reflexion statt. Wird auch die elektrische Welle am freien Ende einfach reflektiert? Zunächst könnte man dieses für ausgeschlossen halten. Pflanzen sich doch die Wellen über AFB hinaus in den Äther fort. Wie beeinflusst dieser Umstand den Schwingungsvorgang?

Der Verfasser hat sich in zwei Arbeiten bemüht, die Vorgänge im Felde eines frei endigenden Leitungsdrahtes vom Standpunkte der Maxwell'schen Theorie aus aufzuklären. Die erste Arbeit[1]) behandelt die Eigenschwingungen eines Drahtes von endlicher Länge, während die zweite[2]) die erzwungenen Schwingungen eines einseitig begrenzten Drahtes genauer verfolgt und die Übereinstimmung der Theorie mit den vorliegenden Beobachtungen nachweist. Es ergab sich, dass die Annahme vollständiger Reflexion am freien Ende angenähert erfüllt ist. Die störende Wirkung des freien Endes besteht im wesentlichen in einer geringen Verzerrung der Wellen[3]). Haben die Wellen eine bestimmte Frequenz, so bilden sich stehende Schwingungen aus, mit einem Knoten des Stromes im freien Ende. Im Abstande von je einer halben Wellenlänge folgt ein neuer Knoten des Stromes; die Verschiebung der Knotenlagen in der Nähe des freien Endes ist eine minimale[4]). Schneidet man den Draht noch an einer zweiten Stelle durch, so darf dieses nur an einem Knoten des Stromes geschehen, wenn anders das Wellensystem auch auf dem nunmehr beiderseits begrenzten Drahte möglich sein soll. Die doppelte Länge des Drahtes ist demnach ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlängen seiner Eigenschwingungen. Dieses Resultat entspricht der von Herrn Slaby zu Grunde gelegten Anschauung über die Stromverteilung im Sende- und Empfangsdraht.

Acceptiert man nun diese, von der Theorie bestätigte Annahme über die Stromverteilung, so kann man den Verlauf des Strahlungsvorganges bei der Funkentelegraphie ohne allzu grossen Aufwand mathematischer Hilfsmittel übersehen. Es sei mir gestattet, dieses am einfachsten Beispiele zu erläutern. Die Resultate des benutzten Näherungsverfahrens sind in guter Übereinstimmung mit der früher vom Verfasser entwickelten exakten Theorie.

Ein Draht EF (Fig. 2) von der Länge l steige von der Erde aus senkrecht in die Höhe. Die Erde ist als vollkommener Spiegel für elektrische

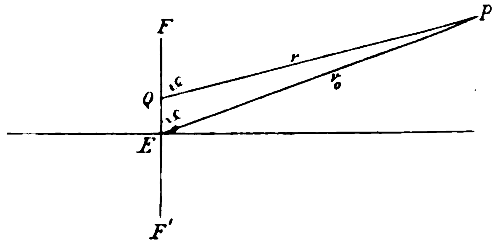


Fig 2.

Wellen zu betrachten. Der Erdungspunkt E ist ein Knoten der elektrischen Spannung. Spiegelt man nun den Draht in Bezug auf die Erdoberfläche, und wählt die Spannungsverteilung derart, dass in zwei sich spiegelbildlich entsprechenden Punkten jederzeit die entgegengesetzten Spannungen herrschen, so ist das elektromagnetische Feld des Drahtes EF oberhalb der Erde identisch mit dem des frei im Äther schwingenden Drahtes FF' von der Länge $2l$.

Man hat also diejenigen Eigenschwingungen eines Drahtes von der Länge $2l$ aufzusuchen, die im Mittelpunkte E einen Knoten der Spannung, und somit einen Bauch des Stromes besitzen; dieses sind die ungeradzahligen Eigenschwingungen. Ihre Stromverteilung wird bestimmt durch

$$J = a \cos\left(\frac{\pi n z}{2l}\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi n c t}{2l}\right) \qquad 1)$$
$$-l < z < +l.$$

Hier giebt z die Höhe des betreffenden Querschnittes Q über dem Mittelpunkte E des Drahtes an, t die Zeit, c die Lichtgeschwindigkeit, a die Amplitude der Stromschwankungen in den Strombäuchen. Für n ist eine ungerade positive ganze Zahl zu setzen, welche die Ord-

1) Wied. Ann. 66, 435—472, 1898. Weiterhin mit I bezeichnet.
2) Drude's Ann. 2, 32—61, 1900. Weiterhin mit II bezeichnet.
3) II. S. 33, 49.
4) II. S. 55, 56.

nungszahl der Schwingung angiebt. Dieser rasch wechselnde Strom sendet nun Wellen elektrischer Induktion aus.

Das elektromagnetische Feld eines oszillierenden Stromelementes ist von H. Hertz[1]) bestimmt worden. Es sei Q der Mittelpunkt des Stromelementes $\mathfrak{J}\,dz$. Es sei ferner P ein Punkt im Raume, dessen Entfernung $PQ = r$ von dem Stromelemente gross gegen die Wellenlänge der Oszillationen ist. Alsdann liegt die elektrische Kraft (E) in der durch PQ und den Draht gelegten Ebene, und zwar senkrecht zu PQ; die magnetische (H) steht senkrecht auf jener Ebene. Die Intensitäten beider Kräfte sind bestimmt durch

$$2)\qquad E = H = -\frac{d}{dr}\left(\frac{\mathfrak{J}\left(t - \frac{r}{c}\right)}{r}\right) \cdot dz \cdot \sin\vartheta$$

$$= a \cdot \frac{\pi n}{2l}\, dz \cos\left(\frac{\pi n z}{2l}\right) \cdot \frac{\cos\frac{\pi n}{2l}(ct - r)}{r} \cdot \sin\vartheta.$$

Die zur Zeit $\left(t - \frac{r}{c}\right)$ von Q ausgehende Störung trifft zur Zeit (t) in P ein. Dieses ist eine Folge des allgemeinen Gesetzes, welches besagt, dass die elektrische Induktion sich mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzt.

Die magnetischen Kräfte, die von den einzelnen Stromelementen herrühren, weisen alle nach derselben Richtung, nämlich senkrecht zu der Ebene EFP. Auch die elektrischen Kräfte weichen, der Richtung nach, nicht merklich voneinander ab, wenn wir die Voraussetzung festhalten, dass r gross gegen die Wellenlänge sämtlicher Eigenschwingungen, mithin gross gegen $4\,l$ ist. Denn es verschwinden mit wachsendem Abstand vom Drahte die Richtungsunterschiede der nach den einzelnen Stromelementen gezogenen Geraden. Die von den einzelnen Stromelementen ausgesandten elektrischen Kräfte stehen demnach alle senkrecht auf der durch den Mittelpunkt E gezogenen Geraden EP. Sei r_0 deren Länge, $\vartheta_0 = PEF$ der Winkel, den sie mit der Drahtachse bildet. Dann hat man, mit derselben Annäherung

$$3)\qquad r = r_0 - z\cos\vartheta$$

$$4)\qquad H = E = a \cdot \frac{\pi n}{2l} \cdot dz \cos\left(\frac{\pi n z}{2l}\right) \cdot \frac{\cos\frac{\pi n}{2l}\left(ct - r_0 + z\cos\vartheta_0\right)}{r_0} \cdot \sin\vartheta_0.$$

Nun superponieren sich alle die von den einzelnen Stromelementen herrührenden elektrischen und ebenso alle magnetischen Kräfte. Denn die Verkettungsgleichungen des elektromagnetischen Feldes im Äther und des Stromes im Leiter sind lineare Gleichungen. Demnach erhält man für die resultierende Intensität der elektrischen und magnetischen Kraft in einer gegen die Länge $4\,l$ grossen Entfernung r_0 vom Drahtmittelpunkte

$$H = E = a \cdot \frac{\pi n}{2l} \cdot \frac{\sin\vartheta_0}{r_0} \int_{-l}^{+l} dz \cos\left(\frac{\pi n z}{2l}\right) \cdot \cos\frac{\pi n}{2l}(ct - r_0 + z\cos\vartheta_0). \qquad 5)$$

Da n ungerade ist, wird

$$\int_{-l}^{+l} dz \cos\left(\frac{\pi n z}{2l}\right) \cos\left(\frac{\pi n z\cos\vartheta_0}{2l}\right) \cdot = \frac{4l}{\pi n} \cdot \sin\left(\frac{\pi n}{2}\right) \cdot \frac{\cos\left(\frac{\pi n}{2}\cos\vartheta_0\right)}{\sin^2\vartheta_0}.$$

und man erhält

$$H = E = 2\,a\,(-1)^{\frac{n-1}{2}} \cdot \frac{\cos\frac{\pi n}{2l}(ct - r_0)}{r_0} \cdot \frac{\cos\left(\frac{\pi n}{2}\cos\vartheta_0\right)}{\sin\vartheta_0}. \qquad 6)$$

Dieses elektromagnetische Feld entspricht einer Kugelwelle, die vom Drahtmittelpunkt nach aussen eilt. Betrachten wir eine Kugel $r_0 =$ constans, und konstruieren, indem wir die Punkte, in denen die verlängerte Drahtachse die Kugel trifft, als Pole ansehen, das System der Längen- und Breitenkreise. Die magnetische Kraft ist überall in Richtung der Breitenkreise, die elektrische in Richtung der Meridiane orientiert. Beide stehen senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung der Welle. Die Intensitäten der Kräfte wechseln mit der Breite ϑ_0 nach dem Gesetze

$$\frac{\cos\left(\frac{\pi n}{2}\cos\vartheta_0\right)}{\sin\vartheta_0}.$$

Die Amplituden erreichen demnach für die Grundschwingung ($n = 1$) ihren maximalen Wert am Äquator $\left(\vartheta_0 = \frac{\pi}{2}\right)$. Senkrecht zur Drahtachse werden die intensivsten Strahlen ausgesandt. Im Pole ($\vartheta_0 = 0$) ist die Intensität Null. Für die Grundschwingung nimmt die Amplitude stetig vom Äquator nach den Polen hin ab. Die Oberschwingungen hingegen besitzen noch weitere Minima und Maxima. Die Minima liegen in den durch

$$\cos\vartheta_0 = +\frac{m}{n} \quad (m \text{ ungerade})$$

1) H. Hertz, Wied. Ann. **36**, 1, 1888. Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft, S. 147 ff.

bestimmten Breitenkreisen. Da nach Gl. (1) die Lage der entsprechenden Stromknoten im Draht durch $\frac{z}{l} = +\frac{m}{n}$ gegeben wird, so kann man die Knotenlinien der Kugel durch folgende Konstruktion finden. Man lege durch die Knoten des Stromes im Draht Hyperboloïde, deren Brennpunkte in die Drahtenden (F, F') fallen. Ihre Asymptotenkegel schneiden die Kugel in den Knotenlinien. Die Knotenlinien grenzen auf der Kugel Zonen entgegengesetzter Schwingungsphasen ab.

Welche Energie wird von den Wellen in den Äther hinausgetragen? Hierüber giebt ein allgemeiner, von Poynting herrührender Satz der Elektrodynamik Auskunft; er lehrt, dass die Energie senkrecht zu der elektrischen und der magnetischen Kraft strömt. Stehen insbesondere, wie in unserem Falle, jene beiden Vektoren aufeinander senkrecht, so beträgt die in der Sekunde den Quadratcentimeter unserer Kugel durchströmende Energiemenge

$$\frac{c}{4\pi} \cdot E \cdot H = \frac{c}{\pi} \cdot \frac{a^2 \cos^2 \frac{\pi n}{2l}(ct - r_0)}{r_0^2} \cdot \frac{\cos^2\left(\frac{\pi n \cos \vartheta_0}{2}\right)}{\sin^2 \vartheta_0}.$$

Integriert man über die ganze Kugel, so erhält man für die gesamte Strahlung

$$7) \qquad S = 2\, c\, a^2 \cos^2 \frac{\pi n}{2l}(ct - r_0) \cdot \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} d\vartheta_0 \frac{\cos^2\left(\frac{\pi n \cos \vartheta_0}{2}\right)}{\sin \vartheta_0}$$

Das hier auftretende bestimmte Integral kann man der Reihe nach auf folgende Formen bringen:

$$2\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} d\vartheta_0 \cdot \frac{\cos^2\left(\frac{\pi n \cos \vartheta_0}{2}\right)}{\sin \vartheta_0} = 2\int_{-1}^{+1} \frac{du}{1-u^2} \cos^2\left(\frac{\pi n u}{2}\right)$$

$$= \int_{-1}^{+1} du \left(\frac{1}{1+u} + \frac{1}{1-u}\right)\left(\frac{1 + \cos \pi n u}{2}\right)$$

$$= \int_{-1}^{+1} \frac{du}{1+u}\left(1 - \cos \pi n (1+u)\right)$$

$$= \int_0^{2\pi n} d\gamma \frac{(1 - \cos \gamma)}{\gamma}.$$

Dieses letzte bestimmte Integral habe ich mit $C_n(1)$ bezeichnet, und für dasselbe folgende Formel abgeleitet[1])

$$C_n(1) = \int_0^{2\pi n} d\gamma \frac{(1-\cos \gamma)}{\gamma} = 0{,}577 + lg\,nat(2\pi n) + \left[\frac{1}{(2\pi n)^2} - \frac{3!}{(2\pi n)^4} + \frac{5!}{(2\pi n)^6} - + \ldots\right].$$

Dieselbe ergiebt, für die Grundschwingung $(n = 1)$

$$C_1(1) = 2{,}44. \qquad 8a$$

Für die Oberschwingungen ($n = 3, 5, 7$ u. s. w.) ist, mit genügender Annäherung

$$8b) \qquad C_n(1) = 2{,}415 + lg\,nat(n)$$

zu setzen.

Jetzt wird die gesamte Strahlung, pro Sekunde

$$S = c\, a^2 \cos^2 \frac{\pi n}{2l}(ct - r_0) \cdot C_n(1).$$

Die Energie, welche in der Zeit einer ganzen Schwingung $\left(\tau = \frac{4l}{cn}\right)$ dem Felde des oszillierenden Drahtes entzogen wird, beträgt

$$\frac{2l}{n} a^2 C_n(1). \qquad 9$$

Mit wachsender Ordnungszahl n nimmt, bei konstant gehaltener Amplitude (a) der Stromschwankungen in den Strombäuchen, die während einer Schwingung ausgestrahlte Energie fortgesetzt ab.

Um die Dämpfung kennen zu lernen, welche die Folge der Ausstrahlung ist, müssen wir ausserdem die elektromagnetische Energie des schwingenden Drahtes selbst berechnen.

Die magnetische Energie eines gleichförmig durchströmten Drahtes ist

$$T = \tfrac{1}{2} L J^2,$$

wenn L den Koeffizienten der Selbstinduktion des Drahtes vorstellt. Bei der Anwendung dieser Formel ist erstens zu beachten, dass, im allgemeinen, neben der magnetischen auch elektrische Energie vorhanden ist. Greifen wir aber den Moment maximaler Stromstärke heraus, wo nach Gleichung (1)

$$J = a \cos\left(\frac{\pi n z}{2l}\right)$$

ist, so verschwindet die elektrische Energie, da momentan keine elektrischen Ladungen des Drahtes auftreten. Zweitens aber ist zu berücksichtigen, dass die Strömung keine gleichförmige ist, sondern von Querschnitt zu Querschnitt wechselt. Es liegt nahe, einen Mittelwert für das Quadrat der Stromstärke zu bilden

1) I. S. 460, 461.

$$\overline{\mathfrak{J}^2} = \frac{1}{2l}\int_{-l}^{+l} \mathfrak{J}^2\, dz = \tfrac{1}{2}\, a^2,$$

und demgemäss zu setzen

10) $$T = \tfrac{1}{4}\, L a^2.$$

Der Koeffizient der Selbstinduktion nimmt, mit Rücksicht darauf, dass die Strömung auf eine Oberflächenschicht beschränkt ist, den Wert an

11) $$L = 4\, l \cdot \left[lg\ nat\left(\frac{4\,l}{\varrho}\right) - 1 \right],$$

wenn ϱ den Radius des Drahtquerschnittes bezeichnet.

Dividiert man nun den Betrag (9) der im Laufe einer Schwingungsperiode durch Strahlung verlorenen durch den Betrag (10) der gesamten Energie, so erhält man das folgende Resultat:

Während einer ganzen Schwingung geht der Bruchteil

$$\frac{8\,l}{n} \cdot \frac{C_n(1)}{L} = \frac{2}{n}\, \frac{C_n(1)}{\left[lg\left(\frac{4\,l}{\varrho}\right) - 1 \right]}$$

der Energie durch Ausstrahlung verloren.

Das logarithmische Dekrement der Schwingungsamplituden beträgt daher

12) $$\sigma_n = \frac{1}{n} \cdot \frac{C_n(1)}{\left[lg\ nat\left(\frac{4\,l}{\varrho}\right) - 1 \right]}.$$

Es ist sehr bemerkenswert, dass das Resultat der durchgeführten Abschätzung fast genau mit der Formel übereinstimmt, welche die exakte Theorie als erste Annäherung für das logarithmische Dekrement der Strahlungsdämpfung liefert. Diese lautet[1])

13) $$\sigma_n = \frac{4\,\varepsilon}{n} \cdot C_n(1) = \frac{1}{n} \cdot \frac{C_n(1)}{lg\ nat\left(\frac{2\,l}{\varrho}\right)};$$

setzt man hier

$$lg\ nat\, \frac{2\,l}{\varrho} = lg\ nat\left(\frac{4\,l}{\varrho}\right) - 0{,}7,$$

so erkennt man, dass die Abweichung der Formeln (12) und (13) bei den in praxi vorkommenden Dimensionen der Drähte nur eine minimale ist.

Wir wollen für einen konkreten Fall den Betrag der Strahlungsdämpfung zahlenmässig berechnen. Es sei ein Draht gegeben, dessen Länge $l = 50$ m, dessen Querschnittsradius $\varrho = 0{,}5$ mm ist. Hier ist

$$lg\ nat\left(\frac{2\,l}{\varrho}\right) = lg\ nat\,(2 \cdot 10^5) = 12{,}2\,.$$

Demnach wird, nach (8a) und (13), das Dämpfungsdekrement der Grundschwingung

$$\sigma_1 = \frac{2{,}44}{12{,}2} = 0{,}2 = \tfrac{1}{5}\,.$$

Andererseits mag das Dekrement der Dämpfung berechnet werden, welche die Schwingungen infolge des Leitungswiderstandes der Drähte erfahren. Die Absorption von Wellen, die längs eines Leitungsdrahtes fortschreiten, ist von Herrn A. Sommerfeld[1]) untersucht worden. Für unsere Zwecke reicht die Näherungsformel[2]) aus, welche für das logarithmische Dekrement der Grundschwingung ergiebt

$$\sigma_1' = \frac{1{,}1}{\varrho}\sqrt{\frac{4\,\mu\, l}{C}} \cdot 10^{-7}.$$

Hier bezeichnet μ die magnetische Permeabilität, C die in absoluten elektromagnetischen Einheiten gemessene Leitfähigkeit. Für Kupferdraht hat man $\mu = 1$, $C = 6 \cdot 10^{-4}$. Somit wird

$$\sigma_1' = \frac{1{,}1 \cdot 10^{-7} \cdot}{5 \cdot 10^{-2}} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{+4}}{6 \cdot 10^{-4}}} = 0{,}013 = \tfrac{1}{80} \text{ circa}.$$

Während infolge der Wärmeentwickelung im Drahte die Amplitude erst nach 80 Schwingungen auf den 2,718ten Teil ihres anfänglichen Wertes herabsinken würde, findet dieses infolge der Ausstrahlung bereits nach 5 Schwingungen statt.

Dieses Ergebnis überrascht uns nicht. Ist es doch, wie oben ausgeführt wurde, für die Zwecke der Funkentelegraphie gerade erwünscht, die Energie nicht durch Absorption in Leiter zu verlieren, sondern sie ausstrahlen zu lassen, um sie zur Übertragung der telegraphischen Signale zu verwerten.

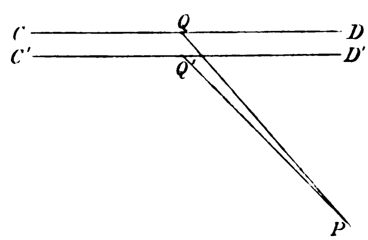


Fig. 3.

Bei Laboratoriumsversuchen hat man umgekehrt vielfach Anordnungen benutzt, welche den Verlust durch Strahlung möglichst herabdrücken, einerseits, um Störungen durch Reflexion an den Wänden des Zimmers zu vermeiden, andererseits, um lange anhaltende Oszillationen zu erzeugen. Man hat wohl die elektrischen Wellen an zwei parallelen Drähten, (CD, $C'D'$, in Figur 3) entlang geleitet,

1) l. S. 457. Gleichung 23a. ε ist bestimmt durch Gleichung 17a, S. 451; dort ist die Drahtlänge gleich 2, der Querschnittsradius gleich b gesetzt. Allgemein gilt die Formel $\varepsilon = 4 \cdot lg\ nat\left(\frac{2\,l}{\varrho}\right)$, da nach I, S. 466 geometrisch ähnliche Leiter dasselbe logarithmische Dekrement besitzen.

1) A. Sommerfeld, Wied. Ann. 67, 233—290, 1899.

2) l. c. S. 276. $\varkappa\lambda_0$ ist hier gleich σ_1', $\lambda_0 = 4\,l$ zu setzen.

deren Abstand klein gegen die Wellenlänge war, derart, dass zwei gegenüberliegende Punkte Q, Q' der beiden Drähte immer in entgegengesetzten Phasen schwingen mussten. Zwei gegenüberliegende Stromelemente liefern dann entgegengesetzt gleiche Beiträge zu den Intensitäten der elektrischen und magnetischen Kraft der ausgesandten Welle; die Ausstrahlung in einem derartigen geschlossenen Systeme ist daher verschwindend gegenüber der Ausstrahlung eines einzigen, frei schwingenden Drahtes.[1])

Wir haben gesehen, dass bei einem vertikal aufsteigenden Drahte das Dämpfungsdekrement der Grundschwingung nicht unter $\frac{1}{5}$ herabgedrückt werden kann. Die Herren Professor Slaby und Graf Arco haben für den Empfänger auch eine Anordnung verwandt, bei der vom Erdungspunkt E aus eine horizontale, mit der vertikalen gleichlange, Leitung EK lief, die im freien

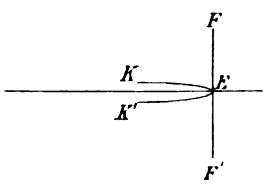


Fig. 4.

Ende K, im Punkte maximaler Spannung, den Kohärer trug. Hier gilt für den horizontalen Draht EK das soeben Gesagte. Wenn er nahe der Erdoberfläche verläuft, liefert er, zusammen mit seinem Spiegelbilde EK' in Bezug auf die Erdoberfläche, keinen merklichen Beitrag zur Ausstrahlung. Andererseits enthält die horizontale Leitung ein Quantum elektromagnetischer Energie, welches dem der vertikalen Leitung mindestens gleichkommt. Bei dieser Anordnung dürfte die Dämpfung durch Ausstrahlung höchstens $^1/_{10}$ betragen.

Obwohl die hier benutzte Methode von vornherein nicht einwandsfrei erscheint, erweist doch die Übereinstimmung ihrer Resultate mit der exakten Theorie ihre Berechtigung. Sie dürfte auch mit Erfolg auf kompliziertere Anordnungen anzuwenden sein, bei denen die exakte Theorie versagt.

1) Das gleiche gilt von den Schwingungen, welche durch Entladung Leydener Flaschen erzeugt werden. Wie Herr Professor Braun in einem vor kurzem gehaltenen Vortrage mitteilte, werden diese Schwingungen jetzt gleichfalls mit Erfolg für die drahtlose Telegraphie verwandt. Hier wird ein weit geringerer Bruchteil der Schwingungsenergie für die Übertragung der Signale nutzbar gemacht; dafür scheint die Abstimmung eine vollkommenere zu sein.

Göttingen, d. 4. Febr. 1901.

(Eingegangen 5. Februar 1901.)

Über Stromverteilung an Kathoden von Entladungsröhren.[1])

Von A. Wehnelt.

Bei dem Auspumpen von cylindrischen Entladungsröhren mit fast den Querschnitt ausfüllenden kreisförmigen, senkrecht zur Achse stehenden Kathoden, beobachtet man, dass das bei hohen Drucken den ganzen Querschnitt der Kathode bedeckende Kanal- und Kathodenstrahlenbündel durch den Einfluss der an den Glaswänden entstehenden sekundären Dunkelräume[2]) immer mehr und mehr zusammengedrängt wird, bis es schliesslich nur noch ein dünnes Bündel in der Achse des Rohres bildet. Da meines Wissens nach bis jetzt noch keine Angaben darüber vorliegen, ob nur durch das sichtbare Kanal- und Kathodenstrahlenbündel der Strom durch die Kathode abfliesst, oder ob auch die dunkel bleibenden Teile der Kathode an der Stromlieferung teilnehmen, so habe ich dies untersucht.

Hieran anschliessend untersuchte ich die Stromverteilung an der Oberfläche von Hohlkathoden, an aus verschiedenen Metallen zusammengesetzten Kathoden, ferner den Einfluss, den die Oberflächenbeschaffenheit von Kathoden auf die Stromverteilung ausübt.

Als Stromquelle diente stets eine 20plattige Influenzmaschine.

I. Einfluss sekundärer Dunkelräume auf die Stromverteilung an ebenen Kathoden.

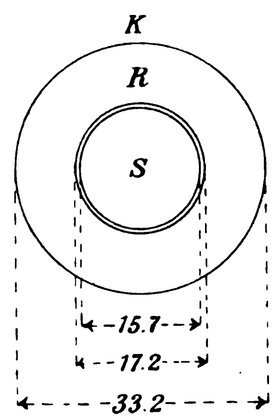


Fig. 1.

Zur Entscheidung der Frage, ob der Gesamtstrom im Entladungsrohr durch das sichtbare Kanal- und Kathodenstrahlenbündel zur Kathode geht, diente eine Kathode K, die aus einer centralen, runden Scheibe S, Fig. 1, und einem, dieselbe eng umschliessenden, jedoch von ihr isolierten konzentrischen Ring R bestand. Fig. 1.

1) Eingehende Berücksichtigung der Litteratur folgt in einer ausführlicheren Mitteilung in den Annalen.

2) A. Wehnelt, Wied. Ann. 65, 528, 1898.

Scheibe sowohl als Ring hatten getrennte, voneinander gut isolierte Ableitungen. Die Gesamtkathode füllte den Querschnitt des Entladungsrohres fast aus. Mit Hilfe eines Quecksilberkommutators *C* konnte ein Galvanometer *G* sowohl in die eine, als auch in die andere der die Elektroden mit der Erde verbindenden Leitungen geschaltet werden. Fig 2. Im anderen Zweige befand sich eine Spule *W* von genau derselben Grösse und Windungszahl wie die Galvanometerspule.

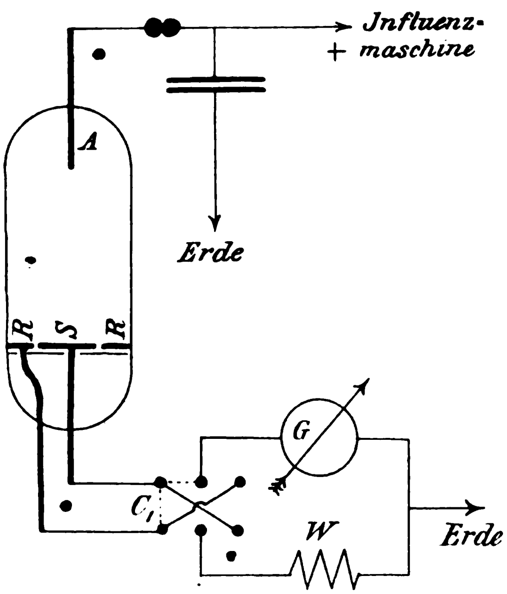


Fig. 2.

Bei abnehmendem Drucke wurde durch Umlegen des Kommutators das Galvanometer nacheinander in die vom Ring *R* oder von der Scheibe *S* kommende Leitung gelegt. Die folgende Tabelle enthält die bei abnehmendem Druck beobachteten Stromstärken in Skalenteilen des benutzten Galvanometers. Ein Skalenteil entsprach $1,98 \times 10^{-6}$ Amp., die Summe von „Scheiben und Ringstrom" ist stets angenähert die gleiche, da die Influenzmaschine eine vom äusseren Widerstande nahezu unabhändige Strommenge liefert.

Strom durch: Scheibe	Ring	Summe	Bemerkungen
28	95	125	Ganze Kathode bedeckt.
43	88	131	1/2 des Ringes bedeckt.
101	21	122	1/3 des Ringes bedeckt.
(140)	Strom in umgekehrter Richtung	*	Ring ganz frei. Starke, unruhige Entladung im Rohr.
127	0	127	Ganz dünnes Bündel in der Mitte der Scheibe.

Aus der Tabelle folgt: Bei völliger Bedeckung der Kathode ist das Verhältnis des Ringstromes zum Scheibenstrom = 3,4, während das der Oberflächen von Ring zu Scheibe = 3,3 ist. Die Stromdichte auf der Kathode ist also, falls sie völlig bedeckt ist, überall die gleiche.

In demselben Masse, wie sich das sichtbare Strahlenbündel an der Kathode zusammenzieht, wird der Ringstrom schwächer, bis schliesslich bei sehr tiefen Drucken, wo das Kanal- und Kathodenstrahlenbündel nur noch ganz dünn ist, der innere Teil der Kathode allein die Gesamtstromführung übernimmt. Bei einem gewissen, je nach den Verhältnissen wechselnden Drucke, traten im Rohre plötzlich starke Oszillationen auf. Der Scheibenstrom war hierbei stärker, als der gesamte, von der Influenzmaschine gelieferte Strom, während ein schwacher entgegengesetzt gerichteter Strom durch den Ring floss, so dass sich die äusseren Teile der Kathode den centralen Teilen gegenüber wie eine Anode verhielten.

Um den Einfluss von Oszillationen näher zu untersuchen, wurde eine Leydener Flasche angeschaltet, oder auch eine Funkenstrecke mit und ohne Anschaltung der Leydener Flasche vorgeschaltet. Fig. 2 zeigt die Schaltung. Durch Herstellung der punktiert gezeichneten Verbindungen in Fig. 2 am Kommutator konnte der Gesamtstrom der Influenzmaschine durch das Galvanometer geleitet werden. Das Rohr wurde nun so weit ausgepumpt, dass stark unstäte Entladungen durch dasselbe gingen.

A. Ohne Leydener Flasche an dem Rohr betrug:

Der Gesamtstrom	$J =$	76	Skt.
„ Scheibenstrom	$i_s =$	110	„
„ Ringstrom	$i_r =$	$-$ 33	„
	$i_s + i_r =$	77	Skt. $\sim J$.

B. Mit Leydener Flasche betrug:

Der Gesamtstrom	$J =$	74	Skt.
„ Scheibenstrom	$i_s =$	191	„
„ Ringstrom	$i_r =$	$-$ 119	„
	$i_s + i_r =$	72	Skt. $\sim J$.

Ähnliche Erscheinungen ergaben sich bei Vorschaltung einer Funkenstrecke.

Sowohl bei gewöhnlichem Wechselstrom, als auch bei Gleichstrom kommen Fälle[1]) vor, in denen bei einer Stromverzweigung in jedem Zweige der Strom stärker ist, als der Hauptstrom. Die algebraische Summe beider Ströme ist jedoch natürlich stets gleich dem Hauptstrome.

Führt man in den dunklen Kathodenraum Isolatoren oder Leiter hinein, so entsteht, wie bekannt,[2]) auf der Kathode in der Kanalstrahlen-

1) E. Breisig, Beibl. **24**, 71, 1900. Elektr. Z. **20**, 521 u. 522, 1899.
2) A. Wehnelt, Wied. Ann **67**, 425. 1899.

schicht ein stark verbreiterter Schatten des Körpers.

Wurde das schon vorher benutzte Rohr, Fig. 2, so weit ausgepumpt, dass die Entladung zum weitaus grösseren Teile durch die Scheibe ging, und nun mit einem Magnet ein an einem Stückchen Eisenblech *a* axial im Rohre befestigter Glasstab *b* der Kathode genähert, Fig. 3, so nahm der Scheibenstrom stark ab und der Ringstrom stark zu, sowie der Glasstab die Kanalstrahlen auseinander drängte.

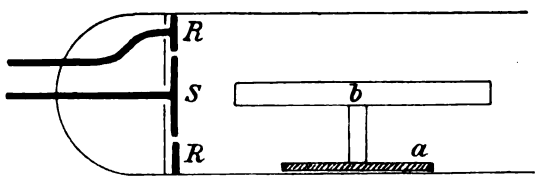


Fig. 3.

Die vorhergehenden Versuche hatten ergeben, dass der Gesamtstrom an der Kathode durch das sichtbare Kanalstrahlenbündel abfliesst. Zur Entscheidung, ob die Kathodenstrahlen von der ganzen Fläche der Kathode, oder auch nur von dem leuchtenden Flecke auf der Kathode ausgehen, wurde ein cylindrisches Rohr mit einer kreisförmigen Kathode so weit ausgepumpt, dass nur ein dünnes Kanal- und Kathodenstrahlenbündel sichtbar war. In dem Gange der Strahlen konnten drei unter sich parallele Drähte mit einem in geringem Abstand dahinter befindlichen Schirme mit Balmainscher Leuchtfarbe gebracht werden. Drähte und Leuchtschirm waren miteinander verbunden und auf einem Stückchen Eisenblech befestigt. Mit einem Magnet konnte dieses von aussen in dem Rohre verschoben werden. Es ergab sich, dass bei sehr engem Kathodenstrahlenbündel die Strahlen divergierend von der sichtbaren Ansatzstelle der Kanalstrahlen ausgingen.

II. Stromverteilung bei Hohlelektroden.

Bei gekrümmten Kathoden, Hohlkathoden, von den Formen Fig. 4 *a b c*, treten aus dem Innenraum wesentlich stärker sichtbare Kathodenstrahlen aus, als aus den Aussenwänden. Ob diese Thatsache auf einer grösseren Stromdichte an dem Innenraum beruht, oder ob durch sekundäre Umstände (Deflektion) ein Zusammendrängen der Kathodenstrahlen auf einen kleineren Raum und dadurch eine erhöhte Sichtbarkeit der Strahlen veranlasst wird, soll in folgendem untersucht werden. Es wurden Hohlelektroden verschiedener Form, bei denen Innen- und Aussenwände sorgfältig voneinander isoliert und mit getrennten zur Erde führenden Leitungen versehen waren, benutzt. Ein Galvanometer wurde sowohl in die eine, als in die andere Ableitung zur Erde geschaltet. Zur Vermeidung des Einflusses der Rohrwände befanden sich die Elektroden (Kathoden) stets im Mittelpunkt einer grossen kugelförmigen Röhre (Fig. 4 *a*).

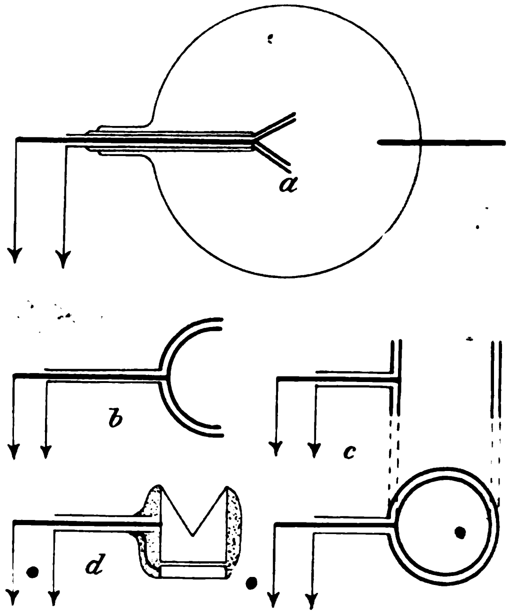


Fig. 4.

Bei den Elektroden, Fig. 4 *a—c*, war die Stromstärke, die durch den Innenraum floss (Innenstrom), stets gleich der, welche durch die Aussenfläche floss (Aussenstrom), sobald das Glimmlicht die Elektrode vollkommen bedeckte. An der Erscheinung änderte sich nichts bis zu relativ grossen Dunkelräumen. Wurde jedoch der Druck so weit erniedrigt, dass lebhafte Fluoreszenz an den Glaswänden auftrat, so wurde bei all diesen Elektroden die Entladung zum grössten Teil aus dem inneren Hohlraum herausgedrängt, so dass schliesslich der Innenstrom schwächer wurde als der Aussenstrom.

Eine Elektrode von der Form Fig. 4 *d*, bestehend aus einem Vollcylinder, der an einem Ende konisch ausgebohrt und auf dessen anderes Ende isoliert eine dünne Platte von gleichem Durchmesser aufgekittet war, so dass der Cylinder sowohl als die Platte wieder getrennte Zuleitungen hatten, diente zur Prüfung, wie stark bei sehr tiefen Drucken der durch den Hohlraum fliessende Strom abnimmt. Alle Teile, wie die Zuleitungen und der Cylindermantel, waren mit Siegellack isoliert. Folgende Tabelle giebt den durch den Trichter und die Fläche fliessenden Strom in Skalenteilen des benutzten Galvanometers bei abnehmenden Drucken an.

Trichter	Fläche
42 Skt.	26 Skt.
42 „	26 „
40 „	28 „
38 „	32 „
36 „	33 „
36 „	33 „
34 „	34 „

Das Verhältnis der Stromstärken bei höheren Drucken, aber vollständiger Bedeckung der ganzen Elektrode, entsprach genau dem der beiden Oberflächen. Bei tieferen Drucken nähert sich das Verhältnis der Stromstärken mehr und mehr der Einheit, so dass schliesslich nur noch die Öffnungsfläche von Hohlkathoden für die Stromführung in Betracht kommt. Die Hohlelektrode verhält sich dem Strome gegenüber bei tiefen Drucken so, als ob die Höhlung nicht vorhanden, sondern nur eine Platte von gleichem Querschnitt wie die Oeffnung vorhanden wäre. Die grössere Helligkeit der Kathodenstrahlen, die aus Hohlelektroden kommen, hat also nicht ihre Ursache in einer stärkeren Stromzufuhr zu diesem Teile, sondern nur in einem stärkeren Zusammendrängen der Kathodenstrahlen durch Deflektion. Eingehender komme ich in der ausführlichen Mitteilung auf diese Thatsache zu sprechen.

III. Einfluss des Kathodengefälles an verschiedenen Metallen auf die Stromverteilung.

Es wurde untersucht, ob das nach Herrn E. Warburg[1]) bei verschiedenen Metallen verschiedene Kathodengefälle einen Einfluss auf die Stromverteilung in Entladungsröhren hat, deren Kathoden aus zwei verschiedenen Metallen bestehen.

In einem Entladungsrohr, Fig. 5, befand sich eine aus zwei halbkreisförmigen Platten zusammengesetzte Kreiskathode (*K*). Der Durchmesser derselben war wesentlich geringer als der des Entladungsrohres, um den Einfluss der Rohrwandungen zu vermeiden. Die beiden aus verschiedenem Metall bestehenden Platten (*Pt* u. *Al*) waren durch einen dünnen Glimmerstreifen sorgfältig voneinander isoliert und besassen getrennte Zuleitungen. Unmittelbar hinter der Kathode befand sich eine grosse, den ganzen Querschnitt des Entladungsrohres ausfüllende Glimmerscheibe, um die hinter der Kathode liegenden Zuleitungsdrähte vor dem Strome zu schützen. Ungefähr 8 mm vor der Kathode befand sich eine Platinsonde (*S*), welche die Mitte des Rohres durchsetzte und parallel zur Trennungslinie der beiden Platten verlief. Die eine Kathodenhälfte bestand stets aus einer blanken Platinplatte, die andere der Reihe nach

1) E. Warburg, Wied. Ann. **31**, S. 545—594, 1887.

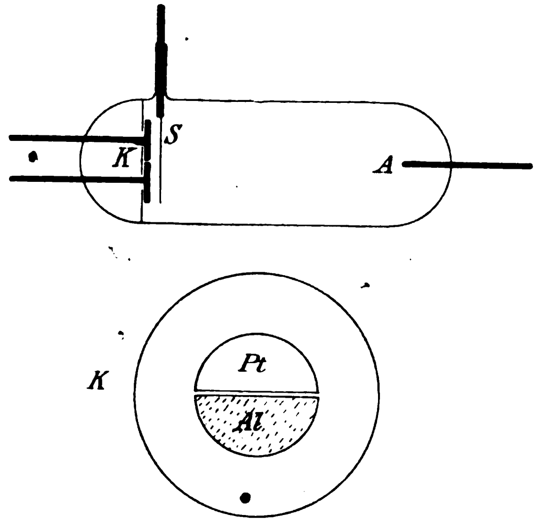


Fig. 5.

aus Aluminium, Eisen, Zink, Kupfer und Silber. Die Erdleitung jeder der beiden Kathodenhälften konnte, wie oben schon gesagt, an ein Galvanometer geschaltet werden.

Ich teile ausführlich nur diejenigen Resultate mit, die ich mit einer Kathode, bestehend aus Platin und Aluminium, in Wasserstoff erhalten habe. Aluminium wurde gewählt, da sein Kathodengefälle in Wasserstoff nach Warburg[1]) sehr stark von dem des Platins verschieden ist und daher die stärksten Unterschiede zeigte. Bei allmählich abnehmendem Drucke wurden die Kathodengefälle der Metalle einzeln und dann zusammen und von dem Augenblick an, wo die Entladung durch beide Platten ging, der durch jede Hälfte der Kathode fliessende Strom gemessen.

Folgende Tabelle enthält für die Versuche in H_2 in der ersten Spalte den Druck in Millimetern, in den drei folgenden Spalten die Kathodengefälle von Aluminium und Platin allein und von beiden zusammen. Die fünfte und sechste Spalte enthalten die durch Aluminium und Platin fliessenden Stromstärken. Zu den Potentialmessungen diente ein von den Herren E. Wiedemann und G. C. Schmidt[2]) modifiziertes Warburgsches Elektrometer.

Druck	Kathodengefälle		$Al + Pt$	Strom durch:	
	Al	Pt		Al	Pt
0,15	652	>700	647	61	51
0,4	475	557	458	84	43
0,6	395	510	380	89	36
0,78	348	480	342	93	33
1,1	302	416	302	105	0
1,8	282	353	266		
2,1	277	342	258		
3,5	269	329	255		

1) E. Warburg, l. c.
2) E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Wied. Ann. **66**, 314, 1898.

Aus der Tabelle geht hervor:

1. Besteht eine Kathode aus zwei Metallen, welche verschiedenes Kathodenpotential besitzen, so richtet sich das gesamte Kathodengefälle nach dem Metall, welches das niedrige Gefälle hat.

2. Der Strom teilt sich in der Art, dass wenigstens bei höheren Drucken, der weitaus grösste Teil durch das Metall mit dem kleineren Kathodengefälle fliesst. Bei niederen Drucken und grösseren Dunkelräumen verschwindet der Unterschied mehr und mehr, was wohl seine Ursache darin hat, dass bei grossen Dunkelräumen der Einfluss des Materials weniger zur Geltung kommt.

Die übrigen untersuchten Metalle zeigten qualitativ dasselbe Verhalten, gaben hingegen quantitativ geringere Unterschiede, da ihre Kathodengefälle nicht so stark von dem des Platins abweichen; wie das des Aluminiums. Als Beispiel führe ich noch eine Messung von Platin und Eisen und Platin und Blei im Wasserstoff an.

Pt und *Fe* in *H*.

Druck		0,6	0,34	0,2
Strom durch	*Pt*	51	59	62
	Fe	74	64	62

Pt und *Pb* in *H*.

Druck		0,7	0,37	0,2	0,1
Strom durch	*Pt*	34	35	38	38
	Pb	44	42	40	38

Die Metalle wurden, wie erwähnt, in elektrolytisch entwickeltem Wasserstoff untersucht, da nach Warburg in diesem Gase die Unterschiede im Kathodengefälle besonders ausgeprägt sind. Messungen in reinem Stickstoff zeigten dasselbe Verhalten, jedoch, den geringen Unterschieden im Kathodengefälle entsprechend, auch geringe Unterschiede in der Stromführung. Dass die Potentiale höher sind, als die von Warburg angegebenen, hat seine Ursache in einer Verunreinigung des Gases. Sehr wichtig war es, die Elektroden rein und blank zu benutzen, da sonst stark schwankende Resultate auftraten. Besonders machten sich derartige Unreinigkeiten beim Aluminium störend geltend und zwar stark auf die Stromleitung, gering auf das Kathodengefälle. Bei kleinen Dunkelräumen war der kleinere stets an dem Metall, welches das geringere Kathodengefälle besass und daher den Hauptteil des Stromes führte. Es entspricht dies der bekannten Beobachtung, dass eine Erhöhung der Stromstärke den dunklen Kathodenraum zusammendrückt.

IV. Einfluss eines Magneten auf die Stromverteilung an Kathoden.

Lässt man ein starkes Magnetfeld auf Kathodenstrahlen wirken, so sieht man, dass, wie die Herren E. Wiedemann und H. Ebert[1] beobachteten, die Ansatzstelle der Kanal- und Kathodenstrahlen auf der Kathode verschoben und zu einem länglichen Oval deformiert wird. Nach den im ersten Teile erhaltenen Resultaten muss auch hierbei die Stromverteilung eine andere werden, als ohne Magnet. In der That zeigt sich bei Anwendung einer aus zwei voneinander isolierten halbkreisförmigen Aluminiumplatten bestehenden Elektrode, dass der Strom durch Einfluss eines starken Magnetfeldes zum weitaus grössten Teil auf diejenige Hälfte getrieben wurde, welche in Richtung der Ablenkung der Kathodenstrahlen lag.

V. Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit auf die Stromverteilung an Kathoden.

Es wurde eine aus zwei voneinander isolierten Halbkreisen bestehende Aluminiumelektrode in demselben Rohre wie vorher untersucht. Die eine Hälfte war mit feinem Smirgelpapier so abgerieben, dass ihre Oberfläche schmutziggrau war, während die der anderen mit einem Radiermesser blankgeschabt war. Die Oberflächen beider Elektroden waren nahezu gleich gross.

Es zeigte sich, dass das Kathodengefälle bei beiden Hälften gleich gross war, dass aber der Strom durch die blanke Elektrode bei weitem stärker war, als durch die unreine. Nachstehende Tabelle zeigt die Stromverteilung bei verschiedenen Drucken. Die Stromstärken sind in Skalenteilen des benutzten Galvanometers angegeben ($1{,}98 \cdot 10^{-6}$ Amp.). (Siehe untenstehende Tabelle.)

Bei niederen Drucken verschwinden auch hier die Unterschiede in der Stromführung. Von zwei gleich grossen, dicken, halbkreisförmigen Aluminiumelektroden wurde die eine, *a*, mit eingefeilten Rillen versehen, wie es Fig. 6 zeigt. Da ihre Oberfläche grösser ist, als die der ebenen Elektrode *b*, so ging bei solchen Drucken, bei denen die Kathode eben mit Glimmlicht völlig bedeckt war, der stärkere

[1] E. Wiedemann und H. Ebert, Sitzber. phys. med. Soc. Erlangen 1891, S. 28.

Druck in mm		1,66	1,32	1,03	0,81	0,63	0,41	0,13	0,053	0,027
Strom durch	*Al* unrein	6	10	19	45	46	49	55	53	58
	Al rein	113	110	98	76	74	70	64	57	58

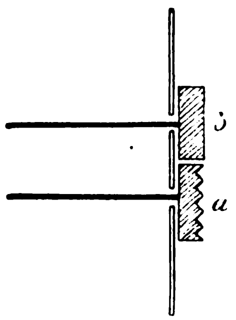


Fig. 6.

Strom durch sie hindurch. Bei grösseren Dunkelräumen waren die durch beide Hälften fliessenden Stromstärken völlig gleich, was wiederum, wie schon auf S. 337, zeigt, dass bei tieferen Drucken nur die Projektion derartiger Flächen auf die Ebene für den Strom in Betracht kommt.

Resultate:

1. Bei cylindrischen Entladungsröhren mit kreisförmigen, senkrecht zur Achse stehenden Kathoden, fliesst der Strom nur durch diejenigen Teile, die mit sichtbaren Strahlenbündeln bedeckt sind. Bei unstät fliessendem Strome (Oszillationen) können die Randpartien solcher Kathoden sich sogar wie Anoden verhalten, während die Mitte als Kathode wirkt.

2. Die Kathodenstrahlen gehen nur von denjenigen Teilen einer Kathode aus, die mit sichtbaren Strahlenbündeln bedeckt sind.

3. Bei Hohlelektroden sind trotz der sichtbaren Unterschiede in der Intensität der Kathodenstrahlen bei höheren Drucken die Stromdichten an Innen- und Aussenflächen gleich. Bei tieferen Drucken kommt nicht die Fläche der Höhlung, sondern nur die Öffnungsfläche für den Stromabfluss in Betracht.

4. Sind in einem Rohre zwei Kathoden von gleicher Oberfläche, aber aus verschiedenen Metallen, so fliesst der Strom hauptsächlich durch dasjenige Metall, welches das niedere Kathodengefälle hat.

5. Unreinigkeiten der Kathoden haben einen grossen Einfluss auf die Stromverteilung, Unebenheiten der Kathoden nur bei hohen Drucken.

Erlangen, Phys. Inst. der Univ., Februar 1901.

(Eingegangen 10. Februar 1901.)

Neue Sende- und Empfangsanordnung für drahtlose Telephonie.

Von Ernst Ruhmer.

Ehe auf die Beschreibung der neuen Anordnungen eingegangen sei, mag zunächst auf einen Umstand hingewiesen werden, der bisher bei der Anwendung der sprechenden Bogenlampe zu einer Photophonie noch nicht genügend berücksichtigt worden zu sein scheint. Da es bei der drahtlosen Telephonie nicht auf die akustische Wirkung des Flammenbogens, vielmehr auf eine grosse Lichtintensitätsschwankung ankommt, so ist es zweckmässig, die Amplituden der überlagerten Stromoszillationen im Verhältnis zur Betriebsstromstärke des Bogens dadurch zu vergrössern, dass man letztere nach Möglichkeit herabsetzt. Da das „sprechende Licht" in der Hauptsache vom positiven Krater, nur in sehr geringem Masse von dem leuchtenden Gasvolumen selbst ausgeht, ist es auch unvorteilhaft, lange Flammenbogen zu verwenden, welche bekanntlich die besten akustischen Wirkungen liefern.

Bei günstigen Anordnungen sind die Intensitätsoszillationen ziemlich beträchtlich, so dass es sogar möglich ist, dieselben auf einem schnell bewegten lichtempfindlichen Film photographisch zu fixieren. Auf diese photographische Methode, sowie auf eine Anwendung dieses Verfahrens zur Konstruktion eines photographischen Phonographen, den man als „Photographophon" bezeichnen könnte, soll demnächst an der Hand von Photographieen ausführlicher eingegangen werden.

Nach diesem Hinweis, dass die günstigsten Bedingungen für das Sprechen des Flammenbogens und das Fernsprechen mittelst desselben wesentlich verschiedene sind, mag im folgenden eine Gebeanordnung beschrieben werden, bei welcher die Lichtintensitätsschwankungen auf andere Weise erzielt werden (Fig. 1).

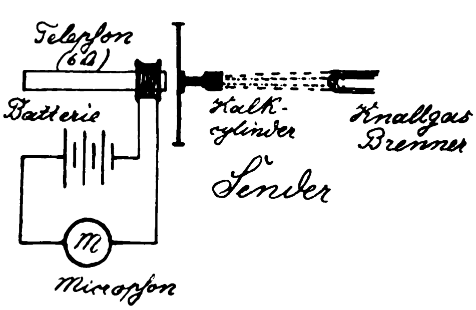


Fig. 1.

Auf der Membrane eines lautsprechenden Telephons wird in geeigneter Weise ein durch ein Knallgasgebläse zum Leuchten erregter Kreide- oder Zirkonblock befestigt.

Der Leuchtkörper wird den auf die Mikrophonmembrane auftreffenden Schalloszillationen entsprechend schwingen. Dadurch verändert er

aber seine Stellung zu der Stichflamme, was eine Variation der aktiven Leuchtfläche und damit der von ihr ausgehenden Lichtintensität zur Folge haben muss. In der That sind die auf diese einfache Weise erzielbaren Wirkungen äusserst günstige.

Auf der Empfangsstation kann man die Selenzelle durch eine andere Radiophoneinrichtung ersetzen, die an Einfachheit und Brauchbarkeit nichts zu wünschen übrig lässt.

In einem dünnwandigen Glasrohr (Fig. 2) befinden sich unter sanftem Drucke zwischen



Fig. 2.

zwei Kohlencylindern oder kreisförmigen Platin- oder Neusilberelektroden zerkleinerte Glühlampenfäden oder Kohlenkörnchen, auch berusstes Metallfeilicht lässt sich verwenden. Die Elektroden sind in den Stromkreis einer Batterie und eines Telephones mit kleinem inneren Widerstand geschaltet.

Die kleine Radiophonröhre wird in dem Brennpunkt eines Parabolspiegels befestigt. Die auf die Röhre auftreffenden undulierenden Lichtwellen der Sendestation rufen eine entsprechende Erwärmung der kleinen Kohleteilchen hervor, was wohl ein Vibrieren derselben nach sich ziehen mag.

Die hierdurch im Stromkreis der Empfangsstation hervorgerufenen Stromoszillationen setzen sich in den eingeschalteten Telephonen wieder in Schallwellen um.

Man hat auf diesem Wege ein Radiophon mit bedeutend kleinerem inneren Widerstand als eine Selenzelle gewonnen, welches dazu noch den Vorteil leichterer Herstellbarkeit besitzt.

Vielleicht liesse sich auch an Stelle dieses Radiomikrophons ein Strahlungsbolometer verwenden, dass dem Verfasser nicht zu Gebote stand.

Ohne Zweifel lassen sich die hier kurz skizzierten Konstruktionen noch bedeutend verbessern, doch ermutigen bereits die bisher erzielten Resultate zu Versuchen auf grössere Entfernungen, um die praktische Brauchbarkeit der Simonschen Lichttelephonie zu erproben, was demnächst geschehen soll.

(Eingegangen 19. Februar 1901.

Nachtrag.

Von E. Wiedemann.

Zu der kleinen Notiz, S. 269, die hauptsächlich den Zweck hatte, einen Vorlesungsversuch zu beschreiben, möchte ich nachtragen, dass bereits von Borgmann[1]) für die Uranstrahlen bei $Ca\,SO_4 + x\,Mn\,SO_4$ und von H. Becquerel[2]) für die Radiumstrahlen bei Flussspat eine Thermoluminescenz nachgewiesen wurde.

1) Borgmann, Jour. de Phys. **7**, 671, 1898.
2) H. Becquerel, C. R. **129**, 912, 1899. Jour. de Phys. **9**, 69, 1900.

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Das Magnalium.

Von D. Kaempfer.

Als es Ende der achtziger Jahre des verflossenen Jahrhunderts gelungen war, reines Aluminium auf elektrometallurgischem Wege in beliebiger Menge und zu billigem Preise herzustellen, glaubte man in der Metallindustrie eine neue Epoche geschaffen zu haben. Die grosse Leichtigkeit des neuen Metalls allein schien ihm eine grosse Zukunft zu sichern, da es doch höchst erwünscht war, Gebrauchsgegenstände, Instrumente aller Art, die vielfach transportiert werden müssen, zu nur einem Drittel des bisherigen Gewichts in Messing, Rotguss oder Eisen herzustellen. Man begann Schlüssel, Patronenhülsen, Gefässe, physikalische und astronomische Instrumente u. a. in Aluminium anzufertigen, fand aber bald, dass das Aluminium dafür wenig oder gar nicht geeignet war, da es der notwendigen Festigkeit entbehrte und der Bearbeitung durch mechanische Werkzeuge nur schwer zugänglich war. Beim Drehen gab es trotz der Verwendung von Schmiermitteln nur kurze lose Späne, es verschmierte die Feilen und gab mangelhafte, nicht widerstandsfähige Gewinde, die sich bei erster Gelegenheit „frassen", d. h. festsetzten; auch war es unmöglich, Aluminiumflächen aufeinander reiben zu lassen, da sie sich trotz der Schmiermittel festsetzten. Die Beständigkeit gegen Luft, Feuchtigkeit und Säuren war ebenfalls

gering, alle diese Umstände schlossen eine Verbreitung des Metalls in weiterem Umfange aus, es blieb ein interessantes und wichtiges Metall, aber nur für ein beschränktes Gebiet. Als solches hatte es sich z. B. die Industrie der Doppelfernrohre gesichert, welche die Firma Voigtländer in Braunschweig schon seit 1858 in Aluminium herstellte, worin andere optische Anstalten nach erfolgter Verbilligung des Metalls nacheiferten.

Um nun dem Aluminium die für den Gebrauch notwendigen Eigenschaften zu geben, wurde es mit den verschiedensten Metallen, besonders Kupfer, Zink und Silber legiert. Es gelang dies aber nur zu einem geringen Grade. Die Festigkeit und Bearbeitungsfähigkeit wurde dadurch nur wenig gehoben, dagegen das spezifische Gewicht durch Beimengung der Schwermetalle wesentlich, von 2,64 auf 3,3 erhöht. Die den Metallurgen wohl bekannte Thatsache, dass die Eigenschaften der Metallgemenge nicht Mittelwerte der Eigenschaften der Bestandteile darstellen, musste aber weiterhin Versuche der Legierung des Aluminiums mit Leichtmetallen anregen. Denn wie die Bronze wesentlich höhere Festigkeit besitzt als ihre Bestandteile, Kupfer und Zinn, auch im übrigen andere physikalische Merkmale zeigt als diese Reinmetalle, ein Verhalten, das sich in analoger Weise bei Messing, Neusilber und vor allem bei den zahlreichen Eisen- und Stahlsorten findet, die durch Beimengung von Kohle, Wolfram, Nickel und anderen Metallen die verschiedenartigsten Eigenschaften annehmen, so musste es eine dankbare Aufgabe sein, auch für Aluminium die Beimengung zu finden, die ihm die wünschenswerten Eigenschaften der Festigkeit, Dehnbarkeit, Härte und Elastizität verlieh, welche ihm erfahrungsgemäss kein Schwermetall zu geben vermochte.

So waren auch die Bestrebungen des grossen Chemikers Wöhler, der in den sechziger Jahren in Göttingen das Metallgemenge Aluminium-Magnesium studierte, aussichtsvoll. Er wählte zu dem Aluminium das ähnliche Magnesium (siehe Annalen der Chemie u. Pharmazie 1866, S. 253), wie in der Bronze ähnliche Metalle verbunden sind; aber trotz des richtigen leitenden Gedankens fand er nur spröde Verbindungen, da er die beiden Metalle im Verhältnis gleicher Äquivalentgewichte 27,5 : 12 oder in Verhältnissen, bei welchen das Magnesium noch mehr überwog, miteinander verschmolz. Andere Forscher folgten ihm hierin, indem sie bei den von ihm erprobten Verhältnissen der Einzelmetalle stehen blieben, und wurden ebenfalls entmutigt, da sich nur spröde, nicht luftbeständige und der Bearbeitung unzugängliche Legierungen ergaben. Hat doch selbst in neuester Zeit noch ein hervorragender Forscher, Richards, in seinem ausführlichen Werke „Aluminium" 1890 über die Legierungen des Aluminiums mit Magnesium sich noch ganz ähnlich wie Wöhler geäussert, dass nämlich $Al_2 Mg$ (enthaltend 69,2% Aluminium) und $Mg_2 Al$ (enthaltend 36% Aluminium) nur äusserst spröde, im Bruch splitterige Metallgemenge seien, die technologisch unverwertbar wären und das zu einer Zeit, in welcher Aluminium schon im grössten Massstabe hergestellt und ein grosses Verwendungsgebiet dafür gesucht wurde.

Und doch hätte die Analogie mit den wichtigen Metallgemengen Bronze und Messing schon den richtigen Weg weisen müssen. Bildet doch bei diesen ein Metall stets den weit überwiegenden Bestandteil des Gemenges. Wie das Kupfer durch geringere Zusätze von anderen Metallen an Bearbeitungsfähigkeit und Härte ungemein gewinnt, so durfte man hoffen, durch planmässige Änderung bezw. Verminderung des Zusatzes an Magnesium in der Aluminium-Magnesiumlegierung auch zu technologisch brauchbaren Metallgemengen zu kommen. Dies war der erfinderische Gedanke von Dr. Ludwig Mach, als er in Wien im Jahre 1889 das Studium der Aluminium-Magnesiumverbindungen von neuem aufnahm und die Wöhlerschen Versuche systematisch ausbaute, indem er die Menge des Magnesiums in der Legierung stetig verminderte. Er war so glücklich, zu finden, dass Beimengungen von 10 bis 30 Teilen zu 100 Teilen Aluminium eine höchst bearbeitungsfähige, feste und luftbeständige Legierung ergab, die sich in jeder Beziehung der praktischen Brauchbarkeit dem Messing und Rotguss an die Seite stellen liess. Die Wöhlerschen Legierungen enthielten demgegenüber auf 100 Teile Aluminium 44,4 bis 187 Teile Magnesium, während nach Mach schon ein Zusatz von mehr als 30 Teilen Magnesium spröde, nicht bearbeitungs- und nicht luftbeständige Verbindungen ergiebt.

In weiteren Studien fand sich, dass das Magnesium als Beimengung zum Aluminium in grösserer oder geringerer Menge angewandt der Legierung in gewissen Grenzen jeden beliebigen Grad der Härte, Festigkeit und Bearbeitungsfähigkeit verlieh. 10 Teile Magnesium zu 100 Teilen Aluminium ergaben die mechanischen Eigenschaften des gewalzten Zinks, 15 Teile Magnesium die des Messinggusses, 20–25 Teile Magnesium diejenigen gezogenen Messings und der verschiedenen Arten des Rothgusses.

Als unerlässliche Vorbedingung für eine günstige Gestaltung der Legierungen muss die Reinheit der Bestandteile angesehen werden. Das von Wöhler angewandte Aluminium war durch Einwirkung von Aluminiumchloriddämpfen auf Natrium und Kalium oder nach Deville in grösserem Massstabe unter Zusatz von Kryo-

lith mittels Natrium gewonnen worden; die Verunreinigung durch Natrium lag daher nahe. Erst die elektrolytische Methode der Darstellung des Aluminiums in den letzteren Jahren lieferte ein reines Metall, welches die Machschen Erfolge allein ermöglichte. Zahlreiche Versuche führten zu der Erkenntnis, dass nur von Beimengungen wie besonders Natrium, Kohlenstoff und Stickstoff freies Aluminium durch Zusatz von 10—30 Teilen Magnesium eine ausgezeichnete Bearbeitungsfähigkeit und Festigkeit, somit praktische Brauchbarkeit erhält.

Bei diesem wichtigen Ergebnis nicht stehen bleibend, studierte Dr. Mach aber auch die Wirkung kleiner Beimengungen von Kupfer, Wolfram, Nickel und Neusilber zu seiner Legierung und fand, dass besondere Vorteile damit nicht zu erzielen seien, dass aber auch keine Nachteile daraus entstanden, sofern das spezifische Gewicht der Legierung das des Reinaluminiums nicht überschritt. Nur die Beimengung von Antimon (10—15%) bringt einen für manche Fälle schätzbaren Vorteil mit sich, nämlich den der Erhöhung des Schmelzpunktes, der bei der Machschen Aluminium-Magnesium-Legierung bei 700° C. liegt, bis auf Weissgluthitze. Geringere Zusätze an Magnesium als 10% geben ein vorzügliches, dichtes Walzmaterial, das für Herstellung von Blechen und Rohren unübertrefflich ist, während die 10—30proz. Legierung für Gusszwecke allein dient.

Es ist hier schon leicht zu übersehen, dass durch den grösseren oder geringeren Gehalt an Magnesium ein Regulator für die Eigenschaften der Legierung gegeben ist, ähnlich wie durch das Zinn in der Bronze, die dadurch die verschiedenartigsten Eigenschaften erhalten kann, wodurch sie für die zahlreichen Verwendungszwecke als Glocken-, Geschütz-, Kunstbronze u. s. w. befähigt wird. Der Erfinder begreift nun mit Recht nach Analogie der Bronze auch alle seine bearbeitungsfähigen Aluminium-Magnesium-Verbindungen unter einen Namen, Magnalium, der aber nach Vorstehendem als Gesamtname einer Reihe ähnlicher, nach dem Magnesiumgehalt (bis 30 Teile auf 100 Teile Aluminium) wechselnder Metallverbindungen aufzufassen ist.

Dr. Mach hat aber nicht versäumt, auch die höherprozentigen Wöhlerschen Legierungen unter Anwendung der ihm zu Gebote stehenden reineren Metalle auf ihre Eigenschaften zu prüfen. Zwar sind die Verbindungen hart und spröde, aber bei sorgfältigem Zusammenschmelzen unter einem indifferenten Flussmittel (z. B. Chlorkalium), das die Absorption von Gasen (Stickstoff) verhinderte, erhielt er dichte Güsse, die ein der Politur im höchsten Grade zugängliches Material ergaben. Es gelang ihm dadurch, vorzügliche Metallspiegel herzustellen (Verhältnis des Aluminiums zu Magnesium wie 2:1, 1,25:1 und der Atomgewichte 27:24,31), die an Politur- und Reflexionsfähigkeit, sowie in der Luftbeständigkeit den Glassilberspiegeln überlegen sind. Somit übertreffen diese Spiegel bei der Reflexion auch alle anderen bekannten Spiegelkompositionen bedeutend, haben vor diesen aber die wunderbare Leichtigkeit, das spez. Gewicht 2—2,3 voraus, während die anderen Spiegellegierungen ein spez. Gewicht von 7—8,5 besitzen. Man darf daher hoffen, dass die Technik der astronomischen Reflektoren daraus den grössten Vorteil ziehen werde, da der Magnaliumspiegel den gefährlichen, die guten Eigenschaften der anderen Metallspiegel so sehr beeinträchtigenden Verbiegungen so viel weniger ausgesetzt ist, aber auch luftbeständiger ist als der Glassilberspiegel und das Ultraviolett nicht so stark absorbiert wie dieser. Über diese spezielle Legierung hat Dr. L. Mach in Gemeinschaft mit Dr. Victor Schumann einen Aufsatz in den Sitzungsberichten der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. 108, Februar 1899, erscheinen lassen, worin die technologischen Studien und die optischen Untersuchungen über dieses Spiegelmetall niedergelegt sind.

Gehen wir nun auf die technischen Eigenschaften des 10—30 prozentigen Magnaliums näher ein, so finden wir durch die Erfahrungen der namhaftesten optischen und mechanischen Werkstätten bestätigt, dass sich das Metall leicht in jede beliebige Form giessen lässt und die so gewonnenen Gussstücke jeder Bearbeitung durch mechanische Werkzeuge leicht zugänglich sind. Magnalium lässt sich wie Messing in langen zusammenhängenden Spänen drehen, vorzüglich bohren und fräsen, die Gewinde sind scharf, rein und fest, schmieren gar nicht und setzen sich nicht fest. Die Bearbeitung mit der Feile ist etwa wie bei weichem Messing, die Feile reisst nicht und verschmiert nicht, so dass auch die feinsten Feilen verwendbar sind. Von Wichtigkeit ist ferner, dass sich aus Magnalium gegossene und gezogene Rohre leicht und ohne sich zu fressen ineinander verschiebbar machen lassen. Das Metall ist einer hohen, silberweissen, haltbaren Politur fähig, andererseits lässt es sich vorzüglich schwärzen. Magnalium ist hart, es lässt sich nicht wie Reinaluminium mit dem Messer schneiden; die Härte und Festigkeit sind so bedeutend, dass sich daraus Hahnwirbel, Triebe, Zahnräder, Achsen und selbst Schlüssel herstellen lassen. Schon der feinkörnige, stahlartige Bruch zeigt die grosse Überlegenheit dem Aluminium gegenüber, das einen grobkörnigen, zinkartigen Bruch besitzt, das spezifische Gewicht ist 2,52 + 0,03, während das des Reinaluminiums 2,7, der Aluminium-Kupferverbindungen etc. 3 bis 3,4 ist.

Die technischen Vorzüge, die das Magnalium den Reinaluminium und den Schwerlegierungen des Aluminiums gegenüber besitzt, werden nun nach erfolgter Patentierung der neuen Legierungen in allen Kulturstaaten von der zu diesem Zwecke gebildeten Deutschen Magnalium-Gesellschaft m. b. H. Berlin SW. für den gesamten Instrumenten- und Maschinenbau ausgenützt. Bisher haben besonders optische und elektrotechnische Fabriken wie Voigtländer & Sohn in Braunschweig, Siemens & Halske, Berlin, viele Armaturen-, Automobilfabriken u. a. m. das neue Metall in die Betriebe eingeführt, wo es auch immer weitere Verbreitung gewinnt. Die Gesellschaft führt Güsse selbst aus oder giebt Rohmagnalium mit Giessvorschriften, Bleche und Rohre ab, so dass den Anforderungen in jeder Weise genügt werden kann. Für den physikalischen Instrumentenbau ist von äusserster Wichtigkeit die Unempfindlichkeit des Magnaliums gegen Witterungseinflüsse, es rostet nicht, auch seine Widerstandsfähigkeit gegen Ammoniakdämpfe und schweflige Säure ist bedeutend. Für Gebrauchsgegenstände ist dagegen die Leichtigkeit des Vergoldens und Vernickelns nützlich.

Für alle Verwendungszwecke von durchschlagender Bedeutung ist aber auch die überraschend grosse Zugfestigkeit. Lässt schon der stahlartige Bruch der Magnaliumgussstücke auf ein günstiges Verhalten in dieser Hinsicht schliessen, so ist es doch merkwürdig, dass die Zugfestigkeit durchschnittlich 20—24 kg pro 1 qmm beträgt, während die des Aluminiums nur 7 kg, die des Messings 17 kg ist. Auch die Lötungsfrage scheint eine günstige Lösung gefunden zu haben, so dass einer allseitigen technischen Verwendung wohl bald nichts mehr im Wege stehen dürfte.

Für Physiker ist natürlich das elektrische Verhalten von Interesse. Es wird jetzt eifrig studiert; bisher wurde festgestellt, dass die Leitfähigkeit wesentlich höher als beim Reinaluminium ist.

Es dürfte noch der Preis des Magnaliums in Frage kommen. Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass das spez. Gewicht des Magnaliums weniger als ein Drittel des Messings ist, findet man, dass gleiche Volumina beider Legierungen in grossen Gussstücken im Preisverhältnis von 2:3, in kleinen Gussstücken von 1:2 zu einander stehen. Das im Beginn noch schwierige Gussverfahren des Magnaliums und der hohe Preis des Magnesiums, jetzt noch 18 Mk. für 1 kg, bringen diesen grossen Preisunterschied hervor, der aber für wissenschaftliche Instrumente u. a. wohl nicht so sehr ins Gewicht fallen dürfte, namentlich wenn eine leichte Transportfähigkeit in Frage kommt. Auch darf man hoffen, dass das reine Magnesium auf den grösser werdenden Bedarf hin sich bald wesentlich verbilligen wird, da das Rohmaterial, aus dem es gewonnen wird, ähnlich wie beim Aluminium, wertlos und überall zu haben ist.

(Eingegangen am 26. Januar 1901.)

BESPRECHUNGEN.

C. Liebenow, Die atmosphärische Elektrizität, ihre Verteilung und wahrscheinlichen Ursachen. gr. 8. VII u. 40 Seiten. Halle a. S., Wilh. Knapp. 1900. Preis M. 2.—

Der Verfasser sucht in vorliegendem Werke eine einheitliche Theorie der Luftelektrizität zu geben und diese nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ zu stützen. Grundlage ist des Verfassers thermodynamische Theorie der Thermoketten, über die ja schon eine reichhaltige Litteratur entstanden ist. Voigt hat gezeigt, warum diese Theorie mit den Thatsachen vereinbare Resultate giebt, obwohl das zur Ableitung der Gleichung dienende Verfahren angefochten werden muss. Diese Gleichung lautet

$$dE = 2{,}04 \sqrt{\frac{WL}{T}}\, dT,$$

worin E die E. M. K. in Volt, T die absolute Temperatur, W der elektrische Widerstand in Ohm, L die thermische Leitfähigkeit in g-cal. Für die Luft als Dielektrikum gilt nach dem Verfasser das positive Zeichen der Wurzel, d. h. der Wärme- und der elektrische Strom verlaufen beide radial von der Erde weg.

Wie bei allen erdelektrischen Untersuchungen ist W eine unbekannte Grösse, da aber Messungen über das Potentialgefälle in der Atmosphäre existieren, so lässt sich daraus W berechnen. Ausserdem berechnet der Verfasser W aus Messungen der Elektrizitätszerstreuung in Luft, die Coulomb seinerzeit angestellt hat.

Nach seiner Formel erhält er $W = 1{,}2 \cdot 10^{14}$ bis $1{,}2 \cdot 10^{16}\ \Omega$ aus den Messungen von Coulomb $1{,}8$ bis $6{,}8 \cdot 10^{16}\ \Omega$, was er als eine genügende Unterstützung seiner Formel betrachtet.

Die Berechnung von W nach dieser Formel basiert auf den Beobachtungen des Potentialgefälles von Le Cadet, die dieser bei einer Fahrt im Ballon erhielt, streng genommen jedoch nur auf vier Mittelwerten für die Höhen

1429, 2370, 3150, 4015 m Erhebung über die Erdoberfläche. Diese Mittelwerte werden durch eine Experimentalformel des Erdradius dargestellt, und es ergiebt sich daraus ein bestimmter Wert des Radius $R + h_0 = R_0$, wo die Dichte ϱ Null wird. Innerhalb der Kugel mit R_0 als Radius liegt alle negative, ausserhalb alle positive Elektrizität. h_0 berechnet sich so zu etwas über 10 km. Verfasser giebt eine Übersicht über die berechnete Verteilung der Elektrizität in der Atmosphäre, die, soweit die Le Cadetschen Zahlen richtig sind, ebenfalls richtig ist.

Nunmehr verwendet er seine thermodynamische Formel und findet mit einem etwas zu kleinen Betrage für die Abnahme der Temperatur mit der Höhe $dE/dT = 9525$ Volt und den weiter oben mitgeteilten Wert für W. Mit diesem Werte von W greift er die Hypothese an, wonach die Erde von ihrer Entstehung an eine gewisse Elektrizitätsmenge besitzt. Nach des Verfassers Ansicht müsste während der Nacht alle Elektrizität durch Leitung verloren gehen. Einerseits ist es aber sehr wahrscheinlich, dass die Vorgänge im Erdkörper stets genügenden Ersatz abgeben würden und andererseits darf man nie ausser acht lassen, dass stets nur eine Hälfte der Erde von der Sonne unbestrahlt ist.

Bedeutend komplizierter gestalten sich die Betrachtungen über Gewitter- und Wolkenelektrizität. Jeder Regentropfen spielt für den Verfasser nunmehr die Rolle der Erde, indem er negativ wird, wenn die Luft kälter ist und umgekehrt. Durch die Gesamtwirkung aller Tropfen wird die Wolke polarisiert. Ihre Eigenladung hindert die Tropfen am Herunterfallen, doch genügt nach des Verfassers Rechnungen die Erdschwere gerade noch, um sie zum Fallen zu bringen, also die Spannungen zu vergrössern. Daher die stärkeren Entladungen bei einem Gewitter.

Weist dieser Teil schon sehr viele Hypothesen auf, so nehmen diese bei der Ausdehnung auf Polarlichter an Anzahl bedeutend zu. Es sei nur erwähnt, dass Gewitter auf der Sonne zu Hilfe geholt werden und die Nordlichter gewissermaassen als Frittröhren hingestellt werden, da sie Glimmentladungen zwischen Eisnadeln sein sollen und auf Wellen reagieren, die von der Sonne ausgehen. Diese Ansichten sind namentlich auch in einem Vortrage des Verfassers (Elektrot. Zeitschr. **21**, S. 965) entwickelt, wo sich auch ein Vergleich der Nordlichtströme mit den Vorgängen in der Dynamomaschine vorfindet. Der Magnet ist die Erde, der Stromkreis aus zwei oben und unten verbundenen Nordlichtern gebildet, der Erfolg eine Abnahme der Winkelgeschwindigkeit der Erde.

Selbst wenn die Grundformel einwandsfrei wäre, so gilt sie doch nur für ein Medium von überall gleicher Dichte. Indem Le Cadets Messungen zur Berechnung des Widerstandes benutzt werden, enthalten sie implizite dW/dk, wogegen die Coulombschen Zerstreuungsmessungen unter vollem Atmosphärendrucke vorgenommen worden sind.

Bei der Ausdehnung auf die elektrischen Umsetzungen in der Atmosphäre gelingt es dem Verfasser nur dann bestätigende Zahlwerte zu erhalten, wenn er sich in Widerspruch zu Kohlrausch und Riecke setzt. Und gar in Bezug auf Nordlichter wird die Theorie verwickelter als irgend eine der übrigen heute bestehenden; es werden so viel gelegentliche und schätzungsweise Beobachtungen und Erfahrungen herangeholt, dass das Bestreben der übrigen Arbeit, Zahlenbeweise zu geben, ganz verdunkelt wird.

Als Durchführung einer Idee über die Luftelektrizität ist dies Werk recht interessant, wenn es auch weder die thermoelektrische Natur der Luftelektrizität nachweisen, noch aus der Verteilung dieses meteorologischen Elementes des Verfassers thermodynamische Theorie der Thermoketten unterstützen kann.

A. Nippoldt.

(Eingegangen 13. Dezember 1900.)

Briefkasten.

An die Herausgeber der Physikalischen Zeitschrift!

Ich werde auf einen in der Physikalischen Zeitschrift vom 5. Januar 1901 erschienenen Artikel von Ernst Dorn aufmerksam gemacht, betitelt „Bemerkung zu der Mitteilung von Rutherford u. McClung, über die Energie der Becquerel-Röntgenstrahlen.“ Darin erwähnt der Verfasser seine eigene und Moffats Arbeit über die Bestimmung der Energie der Röntgenstrahlen, offenbar in der Meinung, dass diese Arbeit von den Verfassern übersehen worden sei. Ich möchte hier erwähnen, dass wir von den hervorragenden Untersuchungen von Dorn u. Moffat vollständig Kenntnis hatten, und dass auf dieselben in der vollständigen Abhandlung ausführlich Bezug genommen wird, welche gegenwärtig in den Transactions of the Royal Society of London erscheint. Der kurze Auszug der Arbeit in den Proc. Roy. Soc., aus der die Mitteilung in dieser Zeitschrift entnommen war, war nur eine kurze vorläufige Bekanntmachung der erhaltenen Resultate. Es lag nicht in unserer Absicht, darin einen historischen Überblick über die Arbeit früherer Forscher zu geben, sondern das wurde für die vollständige Veröffentlichung aufgespart.

Ergebenst E. Rutherford.

McGill University, Montreal, Febr. 3. 1901.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

Personalien.

An der Universität Strassburg hat sich der Assistent des Physikalischen Instituts Dr. J. Zenneck als Privatdozent für Physik habilitiert.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 23. 9. März 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Oberflächenspannung von Wasser über 100^0.

Von Ch. R. Knipp.[1]

Die Hauptschwierigkeit, die Oberflächenspannung von Wasser bei hohen Temperaturen nach der Kapillarmethode zu bestimmen, besteht darin, dass diese Flüssigkeit Glas angreift und es dadurch undurchsichtig macht. Aus diesem Grunde konnte Eötvös[2] Beobachtungen nur bis 210^0 ausführen.

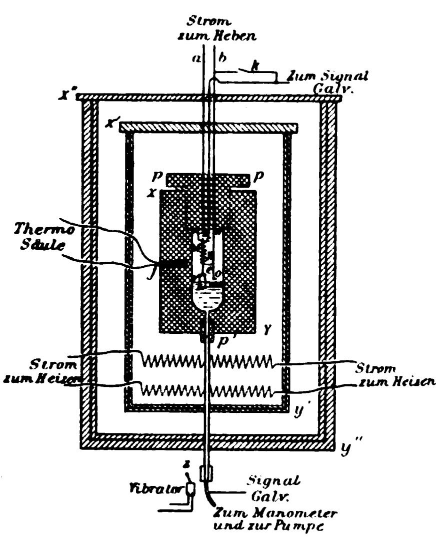


Fig. 1.

In der vorliegenden Untersuchung wurde alles Glas bei den Apparaten vermieden; hierdurch wurden die experimentellen Schwierigkeiten jedoch sehr vergrössert. Die Methode bestand darin, ein zum Teil in Wasser tauchendes Platingefässchen vermittels eines elektrischen Stromes zu heben. Das Prinzip wurde nach jeder Richtung geprüft und alle Fehlerquellen sorgsam untersucht, bevor der eigentliche Apparat konstruiert wurde.

In seiner endgültigen Form bestand derselbe aus einem eisernen Gefäss xy, dessen innere Höhlung 7 cm tief und 3,2 cm breit war. Durch den grossen Stöpsel gingen drei isolierte Drahtkreise, a um die Höhe der Wasseroberfläche zu ermitteln, b um das Gefässchen zu heben und c um ein Signal zu geben, sobald das Gefässchen gehoben war. Der Apparat wurde in einen gut mit Asbest ausgefütterten

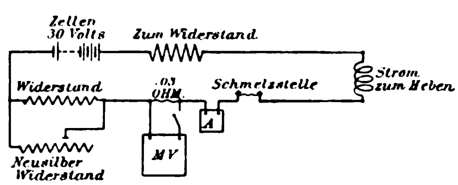


Fig. 2.

Ofen gebracht. Die Temperatur wurde mit Hilfe eines Cu-Pt-Thermoelements bestimmt. Das Innere des Gefässes xy war mit Platin auf Kupfer belegt, so dass also nur Platin mit dem Wasser in Berührung kam.

Den Strom zum Heben des Gefässes lieferten 15 Akkumulatoren; er wurde mit Hilfe eines Millivoltmeters abgelesen. Die Schaltung zeigt Fig. 2.

Der Signalstrom bestand aus zwei Teilen — der eine diente dazu, die Wasserhöhe zu regulieren und der andere, um anzuzeigen, wann das Gefässchen gehoben war (Fig. 3). Die Wasserhöhe wurde durch Schliessen des Schlüssels bei k bestimmt.

Thermosäule und Ducretet-Manometer wurden sorgfältig geaicht.

1) Ausführlich in The Physic. Rev. 11, 129, 1900.
2) Wied. Ann. **27**, 448, 1886.

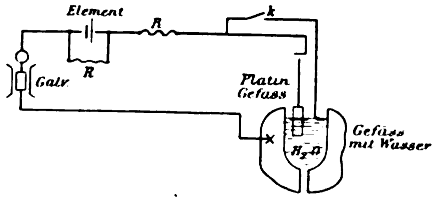


Fig. 3.

I. Dampfdruckkurve des gesättigten Wasserdampfes.

Bevor Messungen über die Oberflächenspannung des Wassers angestellt wurden, wurde der Apparat benutzt, um die Dampfdruckkurve des Wassers zu ermitteln. Temperatur und Druck wurden gleichzeitig abgelesen. Fig. 4 zeigt zwei Dampfdruckkurven, die bis zum kritischen Punkte einander überdecken; jenseits dieses Punktes weichen sie etwas voneinander ab, was davon herrührt, dass die angewandte Wassermenge in beiden Fällen nicht die gleiche war. Tabelle I giebt die Daten für die Kurve in Fig. 4.

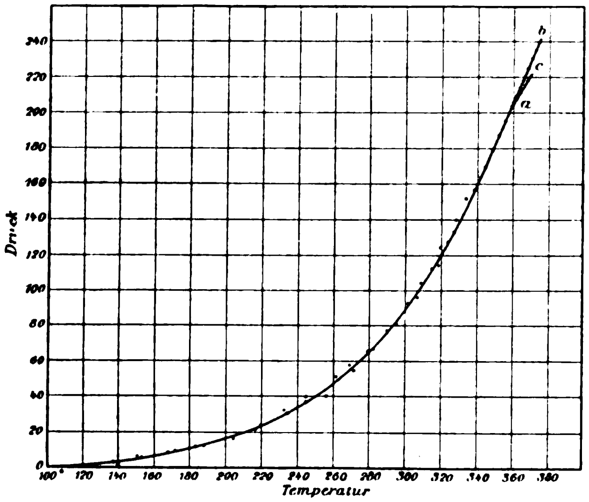


Fig. 4.

Tabelle I.

Temperatur	Druck	Temperatur	Druck
180⁰	9.6 atms.	280⁰	65.9 atms.
190	12.4 „	290	76.8 „
200	15.5 „	300	89.0 „
210	19.0 „	310	103.2 „
220	23.0 „	320	120.0 „
230	27.8 „	330	138.9 „
240	33.6 „	340	159.8 „
250	39.9 „	350	182.2 „
260	47.1 „	355	194.0 „
270	56.0 „	359	205.0 „

II. Oberflächenspannung.

Drei Punkte wurden, bevor die Oberflächenspannung gemessen wurde, untersucht. a) Die Beziehung zwischen dem zum Heben nötigen Strom und dem gehobenen Gewicht. Dieselbe war in dem früher benutzten Apparat linear. b) Die Frage, ob je nach der Tiefe, bis zu welcher das Gefässchen in das Wasser eintauchte, ein verschiedener Strom zum Heben gebraucht wurde, musste auf Grund der experimentellen Ergebnisse verneint werden. c) Der Temperatureinfluss auf das eiserne Gefäss war Null.

Die Beobachtungen wurden in folgender Weise angestellt: Das Gefäss xy wurde ganz mit destilliertem Wasser gefüllt und darauf mit dem Druckapparat verbunden. Es wurde nun langsam erwärmt und sobald die Temperatur genügend gestiegen war, ein Teil des Wassers durch Öffnen des Hahnes, welcher zur Pumpe führte, herausgelassen. Die Wasserhöhe bei O (Fig. 1) jetzt gleich zu bestimmen, gelang nicht, da die Gefässwände und die Drähte u. s. w. in dem Gefäss mit einer Wasserhaut bedeckt waren. Dass dies thatsächlich der Fall war, ergab sich daraus, dass die Isolierung zum Teil versagte. Versuche zeigten, dass erst oberhalb 200⁰ das Wasser schnell genug verdampfte, um die Signalströme benutzen zu können. Diese Schwierigkeit wurde jedoch überwunden, dadurch, dass das Wasser aus dem Gefäss, aber nicht aus der Stahlröhre unmittelbar darunter herausgepresst wurde. Nachdem die Wasserhöhe eingestellt war, wurde der Schlüssel K geöffnet und der Strom zum Heben geschlossen. Temperatur, Druck und der zum Heben nötige Strom wurde zu gleicher Zeit abgelesen.

Es wurde auch die Stromstärke gemessen, welche nötig war, das Gefässchen im Dampfe zu heben. Diese Werte ergaben die Dampfdichte. Da bei aufsteigenden Temperaturen dieselben Werte wie bei den absteigenden erhalten wurden, so hinkt der Apparat nicht nach. Fig. 5 wurde aus verschiedenen Beobachtungsreihen erhalten.

Die Ordinaten in Kurve a stellen Stromstärken dar, welche nötig waren, um das Ge-

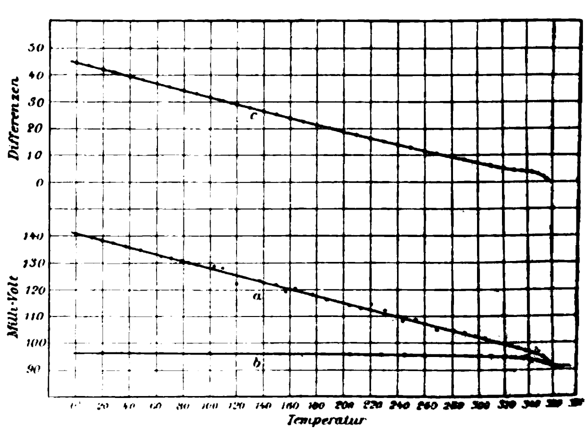


Fig. 5.

fässchen zu heben; sie sind den Oberflächenspannungen proportional. Kurve *b* stellt die Stromstärken dar, welche nötig waren, um das Gefässchen im Dampfe zu heben; dieselbe ist nicht horizontal, sondern nimmt ab, wenn die Dampfdichte zunimmt und wird erst horizontal, wenn der kritische Punkt überschritten ist. Die Oberflächenspannungskurve ist bis 0° in der Figur dargestellt; die bezüglichen Messungen wurden mit demselben Apparate ausgeführt. Die Kurve schliesst sich an die für hohe Temperaturen vollkommen an, woraus hervorgeht, dass der Apparat genaue Resultate liefert.

In Kurve *c* sind die Temperaturen Abscissen und die Differenzen zwischen *a b* Ordinaten. Dieselbe giebt erst die wahre Form der Kurve wieder und die richtigen Werte, welche in Tabelle II verzeichnet stehen.

Tabelle II.

Temperatur	Zahlen proportional der Oberflächenspannung	Temperatur	Zahlen proportional der Oberflächenspannung
0	44.2	210	18.2
10	43.2	220	17.
20	41.7	230	15 7
30	40 5	240	14.5
40	39.1	250	13.2
50	37.8	260	12.1
60	36 6	270	10.9
70	35.4	280	9.7
80	34.1	290	8 5
90	32.9	300	7.2
100	31.6	310	6.2
110	30 4	320	5.5
120	29.1	330	4.7
130	27 9	335	4.4
140	26.7	340	4.1
150	25.5	345	3.9
160	24.1	350	3.4
170	23	352.5	3.
180	21.9	355	2.1
190	20.6	357 5	1.
200	19.3		

Aus den Zahlen ergiebt sich, dass die Oberflächenspannung nicht allmählich abnimmt, um beim kritischen Punkte Null zu enden, sondern plötzlich abfällt. Dies fällt auf, da nach Beobachtungen von Ramsay und Shields[1]) die Oberflächenspannungen anderer Flüssigkeiten, z. B. Essigsäure, Äthylacetat u. s. w. sich der Achse asymptotisch nähern. Dass die Form der Kurven *a* und *b* genau ist, ist zweifellos, wenn man die Bedingungen, unter denen sie erhalten wurden, betrachtet. Es ist schon darauf hingewiesen, dass unter 200° die Ablesungen unregelmässige, oberhalb 200° und besonders oberhalb 240° aber äusserst regelmässige Werte lieferten. Die verschiedenen Beobachtungsreihen gaben oberhalb 240° genau dieselben Ergebnisse. Die Ablesungen unter 240° litten unter zwei Fehlerquellen. Die eine wurde dadurch hervorgerufen, dass sich die Feuchtigkeit im Gefäss kondensierte und bewirkte, dass die Werte für die Oberflächenspannung zu gross wurden. Die andere trat ein, wenn die Drähte gut isoliert waren und rief zu kleine und schwankende Werte für die Oberflächenspannung hervor. Offenbar wurden die zu grossen Werte durch das vermehrte Gewicht des Systems hervorgerufen. Der Grund für die zu kleinen Werte lässt sich nicht so leicht auffinden. Vielleicht rühren sie von Verunreinigungen des Wassers her, welche oberhalb 240° ohne Einfluss auf die Oberflächenspannung waren.

Die Ablesungen im Dampfe waren, trotzdem die Beobachtungen eine Reihe von Tagen dauerten, alle, mit einer Ausnahme, sehr regelmässig. Dort, wo *b* (Fig. 5) horizontal wird, ist der kritische Punkt erreicht.

(Eingegangen 31. Dezember 1900.)
(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

1) Phil. Trans. Roy. Soc. **184** A, 647, 1893

Spektren des Quecksilbers.

Von W. B. Huff.[1])

Das erhaltene Bogenspektrum war im wesentlichen identisch mit dem von Kayser und Runge beschriebenen, nur wurden noch einige neue Linien im äussersten Ultraviolett beobachtet. Bei Anwendung eines Wechselstromes zwischen Kohle und Quecksilber in Luft wurde nach Einschaltung einer Kapazität in der sekundären Spule das Bogenspektrum verwandelt, und zwar traten hierbei die charakteristischen Funkenspektrumlinien auf. Einschaltung von Selbstinduktion bewirkt, dass dieses Funkenspektrum dem Bogenspektrum ähnlicher wird. Ein langer Funke zeigte Linien, welche in einem kurzen nicht auftreten.

Ging die Entladung zwischen Quecksilberelektroden über, so traten Banden auf, die beim Erhitzen der Röhre verschwanden; die mit kürzeren Wellenlängen hielten sich am längsten. Kapazität in der sekundären Spule vernichtet diese Banden, wenn die Röhre hinreichend erhitzt wird; wird sie nicht genügend erwärmt, so verschwinden sie nur in den Kapillaren und in der Nähe der Kathode, wo die Erhitzung am grössten ist. Selbstinduktion verschärft einige Linien auf Kosten anderer, die unter ganz besonderen Bedingungen erhalten werden. Durch Ändern der Kapazität konnte man kontinuierlich das Bandenspektrum in das Linienspektrum verwandeln.

Röhren von sehr geringem Drucke zeigen eine Reihe von Luftlinien, welche beim Erhitzen verschwinden; auch photographisch liessen sie sich nicht bei höheren Drucken auffinden.

1) Ausführlich in The Astrophysic. Journ. **12**, 103, 1900.

Die Entladung mit einer gewöhnlichen Spule gab dasselbe Spektrum in Röhren, wie mit einem sehr starken Wechselstrom.

(Eingegangen 7. Januar 1901.)

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

Eine neue durch stehende Schallwellen hervorgerufene Wirkung.

Von B. Davis.[1])

Beim Experimentieren mit Kundtschen Staubfiguren wurde die folgende Erscheinung beobachtet. Ein kleiner hohler, an einem Ende geschlossener, am anderen offener Cylinder stellte sich in den stehenden Schallwellen quer zur Röhre ein, d. h. die Achse des Cylinders war senkrecht zu den Strömungslinien. Die Kraft, welche diese Bewegung hervorrief, war ziemlich beträchtlich.

Zum Erregen der stehenden Wellen wurde eine geschlossene Orgelpfeife benutzt, welche ihren ersten Oberton gab. Ein Diaphragma aus dünnem Gummi war in einem Knoten quer zur Röhre befestigt, um die durch Blasen der Pfeife hervorgerufenen Luftströmungen zu beseitigen. Die benutzten Cylinder waren aus Gelatine, 3,1 cm lang und mit einem Querschnitt von 0,45 cm². Eine kleine Mühle wurde aus vier solchen Cylindern hergestellt, indem man sie an Kartenpapier festklebte und mit einem Glaszapfen in der Mitte versah. Die Ebene der Mühle war senkrecht zu den Stromlinien. Die Pfeife wurde vertikal befestigt und die Mühle auf eine Nadel gelegt; das Ganze wurde an einem Stabe befestigt, mit dessen Hilfe man die Mühle hinbringen konnte, wohin man wollte. Sobald die Pfeife angeblasen wurde, rotierte die Mühle im Bauch mit grosser Geschwindigkeit, kam aber im Knoten zur Ruhe. Die Verhältnisse der Umdrehungszahlen längs einer ½ Welle gaben eine Sinuskurve.

Die Kraft, welche diese Bewegung hervorrief, wurde mit einer Torsionswage gemessen. Die Pfeife wurde horizontal gelegt und so abgeändert, dass Messungen längs der halben Welle angestellt werden konnten.

Die Kraft war Null in dem Knoten und am grössten im Bauch. Die Kurve, welche mit Hilfe der Quadratwurzeln aus der Torsion als Ordinaten und der Entfernung längs der Pfeife als Abscissen gezeichnet wurde, war ungefähr eine Sinusoïde. Ein Manometer wurde benutzt, um dieselbe Kraft beim Blasen während einer Reihe von Versuchen anzuwenden.

Verschiedene Gase wurden in die geschlossene Kammer der Pfeife, d. h. in den Raum zwischen dem Diaphragma und dem geschlossenen Ende eingeführt. Die Torsionsmessungen wurden nahezu in der Mitte des Bauches der verschiedenen Gase ausgeführt.

	Torsion	Dichte
Luft	1	1
CO_2	1,47	1,52
Leuchtgas	0,77	0,75
Wasserstoff	0,064	0,069

Die eben beschriebene Bewegungserscheinung erklärt sich auf Grund von Dichteänderungen, die eine Funktion der Geschwindigkeiten sind. Die Luft im Cylinder bleibt in Ruhe, während die ausserhalb sich bewegt, wodurch eine Verschiedenheit in der Dichte an beiden Seiten des geschlossenen Endes des Cylinders hervorgerufen wird.

Bernouillis Gleichung für die Beziehung zwischen Dichte, Druck und Geschwindigkeit lautet

$$\int \frac{dp}{\varrho} = R - \tfrac{1}{2} u^2,$$

hier darf in diesem Falle R vernachlässigt werden.

Führt man in diese Gleichung die adiabatische Gasgleichung ein, integriert und formt den so erhaltenen Ausdruck etwas um, so ergiebt sich

$$u^2 = 2 \frac{p_2 - p_1}{\varrho},$$

wo u die Geschwindigkeit und $p_2 - p_1$ der Ausdruck ist, welcher durch die Torsionswage gemessen wird. Der absolute Betrag der Druckdifferenz war 21 Dynen pro cm². Die Pfeife gab 358 Schwingungen und die Amplitude war in der Mitte des Bauches 2,61 mm.

(Eingegangen 7. Januar 1901.)

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

1) Ausführlich in The Americ. Journ. of Science **10**, 231, 1900.

Sonnenphänomene als Folgen anomaler Dispersion des Lichtes betrachtet.[1])

Von W. H. Julius.

Dass die Fortpflanzung des Lichtes nach jeder Richtung hin geradlinig sei, trifft nur zu für vollkommen homogene Medien. Wird man durch Erwägungen verschiedener Art gezwungen, anzunehmen, dass die Strahlen der Sonne auf ihrem Wege Räume durchsetzen, in denen die Materie ungleichmässig dicht oder aber verschiedenartig zusammengesetzt ist, so sind die Strahlen gekrümmt und man verliert allen Grund zu der Annahme, das beobachtete Licht rühre

1) Aus den Sitzungsberichten der Kon. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam **VIII**, 510—523, 24. Febr. 1900, mitgeteilt vom Verfasser.

her von Gegenständen, die in der geraden Gesichtslinie liegen.

Obgleich nun niemand die Ungleichmässigkeit der Stoffverteilung in und bei der Sonne bezweifelt, so hat man doch in den Theorien über diesen Himmelskörper die Strahlenbrechung nicht, oder allenfalls viel zu wenig berücksichtigt.

Die Gesetze der gekrümmten Strahlen waren, namentlich durch das Studium der Brechung in der Erdatmosphäre, schon längst bekannt[1]); den ersten wichtigen Versuch aber, den Einfluss zu untersuchen, den die Strahlenbrechung in der Sonne selbst auf den Lauf der Strahlen, die unser Auge erreichen, also auf das von uns empfangene optische Bild, ausgeübt haben muss, verdanken wir Herrn A. Schmidt. Dessen bemerkenswerte Abhandlung „Die Strahlenbrechung auf der Sonne, ein geometrischer Beitrag zur Sonnenphysik"[2]) hat jedoch die ihr gebührende Beachtung bis jetzt kaum gefunden, was vielleicht darin begründet sein dürfte, dass die Schmidtsche Theorie einerseits den herrschenden Anschauungen über Gestalt und Natur des Sonnenkörpers kühn entgegentritt, andererseits aber gerade von denjenigen spezielleren Sonnenphänomenen, welche die Aufmerksamkeit der Beobachter immer am meisten in Anspruch genommen haben, eine genügende Erklärung nicht giebt.

Bekanntlich hat Schmidt dargelegt, dass die scharfe Begrenzung der Sonnenscheibe eine optische Täuschung sein kann. Wäre die Sonne eine unbegrenzte leuchtende Gasmasse von nach aussen hin stetig abnehmender Dichte, so würde, nach dem einfachen Gesetze der regelmässigen Strahlenbrechung, einem entfernten Beobachter ein Bild erscheinen, wie es uns die Sonne thatsächlich zeigt: ein heller, scharf begrenzter Kern, von einer schwach leuchtenden Hülle umgeben. Gegen die Behauptung Schmidts, die Sonne sei nun in der That ein unbegrenzter Himmelskörper, lässt sich also nicht einwenden, dass man doch deutlich eine begrenzte Photosphäre sieht.

Wenn es aber keine Photosphäre gäbe, so wäre den herrschenden Vorstellungen über das Wesen der Fackeln, der Flecken, der Protuberanzen zugleich die Grundlage genommen. Man muss also von der Schmidtschen Theorie fordern, dass sie auch diese vielbekannten verwickelten Erscheinungen auf einfache und plausible Weise in ihr Schema hineinpasse. Der darauf gerichtete Versuch bildet nun die schwächere Seite der oben angeführten Abhandlung; und dieser Lücke wird es wohl hauptsächlich zugeschrieben werden müssen, dass der von Schmidt hervorgehobene grosse Einfluss der Strahlenbrechung auf den Anblick des Sonnenkörpers nicht sofort allgemein anerkannt wurde.

Ohne mich auf die Schmidtsche Ansicht, betreffend das Zustandekommen des Sonnenrandes, zu stützen, will ich nun im folgenden zeigen, dass die meisten Eigentümlichkeiten des Protuberanzen- und des Chromosphärenlichtes sich in ganz ungezwungener Weise als Folgen der Strahlenbrechung deuten lassen, wenn man die Gesetze der anomalen Dispersion in Betracht zieht. Und indem wir nachher diese Gesetze mit der Schmidtschen Theorie in Verbindung bringen, werden wir auch hinsichtlich vieler Fleckenphänomene und anderer Erscheinungen innerhalb des scheinbaren Sonnenrandes auf Erklärungen geführt, die sich durch Einfachheit des Zusammenhanges zu empfehlen scheinen.

Es ist leicht, sich davon zu überzeugen, dass der Brechungsindex des Natriumdampfes für Lichtarten, die von den D-Linien in der Wellenlänge nur wenig verschieden sind, sehr stark von dem Index für die übrigen Strahlen des Spektrums abweicht.

Um diese Erscheinung weiter zu prüfen, wandte Herr Becquerel (C. R. 127, S. 399 und 128, S. 145) in einigermassen abgeänderter Form die Kundtsche Methode der gekreuzten Prismen an. Das Bild des Kraters eines Bogenlichtes wurde auf einen in den Brennpunkt einer Kollimatorlinse gestellten horizontalen Spalt entworfen. Das parallele Lichtbündel ging dann durch eine Natriumflamme, der es Becquerel gelungen war, die Gestalt eines Prismas mit horizontaler brechender Kante zu geben, und wurde schliesslich durch ein Fernrohrobjektiv zu einem horizontalen Spaltbild vereinigt, das gerade auf den vertikalen Spalt eines Spektroskops mit ziemlich grosser Dispersion fiel. Ohne Natriumflamme sah man im Spektroskop ein kontinuierliches Spektrum, dessen Höhe selbstverständlich durch die Breite des horizontalen Spaltes bedingt war. Wurde nun die Flamme hineingeschoben und begrenzte man das parallele Strahlenbündel durch ein leicht einzustellendes Diaphragma dergestalt, dass in die Fernrohrlinse nur solches Licht, welches durch einen genügend prismatischen Teil der Flamme gegangen war, hineindringen konnte, so zeigte das Spektrum deutlich die anomale Dispersion. Zu beiden Seiten jeder der beiden dunklen Natriumlinien war das ursprünglich horizontale Spektrumband stark gekrümmt und zwar so, dass für Strahlen, deren Wellenlänge etwas grösser als λD_1 oder λD_2 war, der Brechungsindex des Dampfes schnell wuchs, wenn man sich dem Absorptionsgebiete näherte; indessen für Strahlen,

1) Eine Angabe der Litteratur über diesen Gegenstand findet man z. B. in einer Abhandlung von O. Wiener, Wied. Ann. 49, 105—149, 1893.

2) Stuttgart, J. B. Metzlerscher Verlag, 1891.

deren Wellenlänge etwas kleiner als $\lambda\, D_1$ oder $\lambda\, D_2$ war, der Brechungsindex schnell abnahm, wenn man sich den Absorptionslinien näherte. Die Stärke der anomalen Dispersion war bei D_2 grösser als bei D_1.

Als ich diesen Versuch wiederholte, erhielt ich im grossen und ganzen die nämlichen Resultate, konnte aber obendrein in der Erscheinung eine Eigentümlichkeit konstatieren, die Becquerel nicht erwähnt, und die auch in den seine Notiz erläuternden Abbildungen nicht hervortritt. Becquerel sagt, dass beim Einführen der Flamme, wenn sie reich an Natrium ist, die Linien D_1 und D_2 als dunkle, breite Bänder erschienen, und dass zu beiden Seiten jedes Bandes das Spektrum verzerrt sei. In seinen Zeichnungen (Fig. 1 und 2) bezieht sich diese Verzerrung lediglich auf Licht, das sich

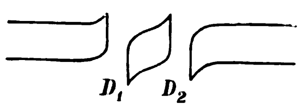


Fig. 1.

ausserhalb des Gebietes der Bänder befindet. Die Strahlenarten, die innerhalb dieses Gebietes, also mehr in die unmittelbare Umgebung der D-Linien gehören, fehlen ganz. Fig. 1 bezieht sich auf einen prismatischen Teil der Flamme, dessen brechende Kante nach oben, Fig. 2 auf

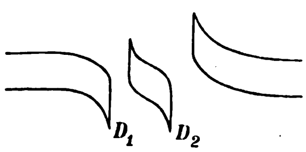


Fig. 2.

einen prismatischen Teil, dessen Kante nach unten gerichtet war. Beide Fälle stellen den Anblick im Fernrohr, also umgekehrte Bilder, dar.

Ich sah jedoch die Erscheinung so wie Fig. 3 sie zeigt. Die gestrichelten Linien bezeichnen die Stellen von D_1 und D_2. Schneidet man durch Einführung eines Schirmes zwischen Flamme und horizontalen Spalt dem elektrischen Licht den Zugang ab, so sind an diesen Stellen die D-Linien als zwei schwach leuchtende, scharf begrenzte Spaltbilder zu erkennen. Das Licht ist schwach, weil sich die Flamme in einer Entfernung von reichlich 70 cm vom vertikalen Spalt befindet und ihre Strahlung fast vollständig durch das verstellbare Diaphragma, das zu der Fernrohrlinse nur ein Lichtbündel von etwa 0,2 qcm Querschnitt zulässt, abgeblendet wird.

Lässt man nun das Kohlenspitzenlicht zutreten und die Flamme durchdringen, so erscheint das Spektrum der Fig. 3 mit so grosser Intensität, dass in der Mitte der dunklen Bänder die hellen Natriumlinien nicht zu unterscheiden sind. Oben und unten im Gesichtsfeld hingegen lassen sie sich noch erkennen als Fortsetzungen der vier hellen Lichtpfeile, welche aus dem Spektrum gleichsam in die Dunkelheit hineingeworfen werden.

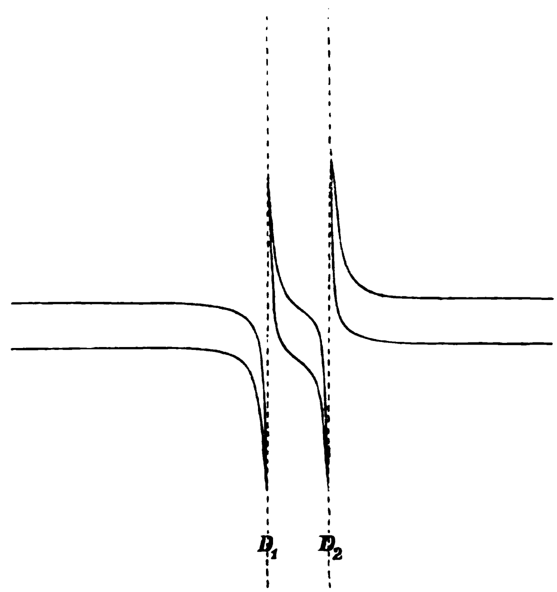


Fig. 3.

Indem ich zu wiederholten Malen das Hauptlicht abblendete und wieder zuliess, überzeugte ich mich, dass das starke Pfeillicht bei der angewandten Dispersion in der That allmählich in das schwache Licht der Emissionslinien übergeht, sowohl was die Intensität als was die Lage im Spektrum anbelangt. Als Spektroskop wurde ein flaches Rowlandsches Beugungsgitter mit 47000 Linien, bei dem das eine der beiden Spektra erster Ordnung sich durch ausserordentliche Lichtstärke auszeichnete, benutzt. Das Fadenkreuz eines Okularmikrometers (von dem 65 Teilstriche der Entfernung der D-Linien im ersten Beugungsspektrum entsprachen) wurde mehrere Male auf den äussersten, noch deutlich sichtbaren Teil eines solchen Pfeiles eingestellt, während die Emissionslinien der Natriumflamme kaum sichtbar waren. Dann entfernte ich das bei der Flamme aufgestellte Diaphragma und blendete das Hauptlicht ab, so dass nun die Natriumlinien deutlich erschienen, und stellte einige Male auf die entsprechende Emissionslinie ein. Die Mittelwerte der beiden Beobachtungsreihen waren unter sich um weniger als einen Teilstrich verschieden; der Pfeil näherte sich also der D-Linie bis auf eine Entfernung von höchstens 0,01 $\mu\mu$.

Aus Becquerels Angaben (C. R. 128, S. 146) lässt sich folgern, dass die am stärksten

abgelenkten Teile der Pfeilspitzen, auf die bei seinem Versuch noch eingestellt werden konnte, durchschnittlich um mehr als 0.1 $\mu\mu$ von den D-Linien entfernt waren.

Es ist mir nicht recht klar, wodurch diese Differenz der Resultate verursacht sein kann; vielleicht enthielt die Flamme Becquerels mehr Natrium als die meine, was aber jedenfalls nicht erforderlich war, um eine genügend starke anomale Dispersion hervorzurufen.

Aus folgendem Experiment ergab sich ganz deutlich, wie schmal das zu jeder Natriumlinie gehörige Absorptionsgebiet in der That nur war. Eine Linse von 20 cm Brennweite wurde zwischen die Fernrohrlinse und den vertikalen Spalt derart aufgestellt, dass auf letzterem anstatt des horizontalen Spaltbildes das Bild des benutzten prismatischen Teiles der Natriumflamme erschien. In diesem Bilde mussten sich also alle Strahlen, die die Flamme durchsetzt hatten und dort nach verschiedenen Richtungen hin gebrochen waren, wieder vereinigen. Die Absorptionslinien waren nun in der That äusserst schmal; sie wurden von den Emissionslinien an einigen Stellen fast vollständig überdeckt.

Entfernte man die Linse von 20 cm Brennweite, so zeigten sich sogleich wieder die Lichtpfeile über und unter den ziemlich breiten, dunklen Bändern des verzerrten Spektrums.

Es ergiebt sich also aus unseren Beobachtungen, dass trotz der bedeutenden Breite der dunklen Bänder im Hauptspektrum, doch nur ein kleiner Teil des dahin gehörigen Lichtes von der Natriumflamme wirklich absorbiert worden ist. Die Flamme hat fast allen Lichtarten den Durchgang gestattet, sogar solchen, deren Wellenlänge von der der D-Linien sich kaum merklich unterschied; sie hat aber diese Strahlenarten viel weiter von dem geraden Wege abgelenkt als die übrigen, weit von den Absorptionslinien entfernten Teile des Spektrums.

Hier liegt also ein Fall vor, wo das Absorptionsspektrum eines Dampfes breite dunkle Bänder zeigt, welche nicht ohne weiteres als Absorptionsbänder zu bezeichnen sind. Die eigentümliche Einrichtung des Experiments gestattete uns, zu sehen, was aus dem Licht, das in der Nähe der Natriumlinien fehlte, geworden war; wäre aber dieses anomal gebrochene Licht durch irgend eine Ursache nicht in das Gesichtsfeld des Spektroskops gelangt, so hätte man diese breiten Bänder wohl ganz der Absorption zugeschrieben. Nicht immer hat man beim Studieren der Absorptionsspektren von Gasen und Dämpfen berücksichtigt, dass die absorbierende Schicht überall gleichmässig dicht sein und nirgends als Prisma wirken soll. Es würde sich lohnen, nachzuforschen, inwieweit jedesmal, wo man Verbreiterung oder Umkehrung der Absorptionslinien beobachtet hat, die Resultate durch die anomale Dispersion beeinflusst gewesen sind.

In meiner Anordnung waren die Absorptionslinien schmal, wenn ich das Hauptlicht einen ziemlich gleichmässigen und nicht prismatischen Teil der Flamme durchdringen liess.

In oben beschriebener Form eignete sich das Experiment nicht zum Erzielen zuverlässiger Zahlenwerte für die Brechungsindices; vorläufig lässt sich nur aussagen, dass die Ablenkung derjenigen Strahlen, deren Wellenlänge den Werten λD_1 und λD_2 sehr nahe kam, die Ablenkung der entfernteren Teile des Spektrums um mehr als das sechs- oder achtfache übertraf. Becquerel giebt an, dass der Index für Wellen, grösser als λD_1 und als λD_2, bis auf 1.0009 steigen kann; für Wellen auf der andern Seite der Absorptionslinien fällt der Index bedeutend unter Eins hinab.

Die Linie D_2 veranlasst in höherem Masse als D_1 das Vorkommen von Brechungsindices, welche kleiner als 1[1]) sind; die sehr grossen Indices findet man bei D_1 und D_2 ungefähr in gleichem Masse.

Aus Obigem geht hervor:

1) Wenn Licht, von einer Quelle mit kontinuierlichem Spektrum herrührend, einen Raum durchsetzt, in dem Natriumdampf ungleichmässig verteilt ist, so werden die Strahlen in der Umgebung der D-Linien in weit stärkerem Masse als alle übrigen ihre Richtung ändern. Vor allem bezieht sich das auf solche Lichtarten, deren Wellenlänge den Werten λD_1 und λD_2 so nahe ist, dass dieselben von dem Natriumlichte kaum zu unterscheiden sind. Schwach leuchtendem, vom weissen Lichte einer starken Quelle durchstrahltem Natriumdampf kann also in schiefer Richtung (d. h. unter einem gewissen Winkel mit der Richtung der einfallenden Strahlen) ein ziemlich intensives Licht zu entspringen scheinen, das dem Natriumlicht täuschend ähnlich ist und dennoch in der fremden Quelle seinen Ursprung hat.

2) Untersucht man das Licht, das den mit Natriumdampf erfüllten Raum nahezu geradlinig durchsetzt, spektroskopisch, so kann der Fall eintreten, dass die Absorptionslinien stark verbreitert erscheinen infolge des Umstandes, dass das dahin gehörige Licht für den grössten Teil seitwärts abgelenkt wird und also den Spalt des Spektroskops nicht erreicht.

Wir beabsichtigen, die erste dieser Folgerungen auf Erscheinungen in der Umgebung der Sonnenscheibe, die zweite auf Eigentümlichkeiten der Fleckenphänomene anzuwenden.

Der Bogen ZZ' (Fig. 4) bezeichne einen Teil

1) In der Figur 3, S. 350, ist der obere Pfeil bei D_2 im Verhältnis zu dem bei D_1 noch etwas zu klein gezeichnet.

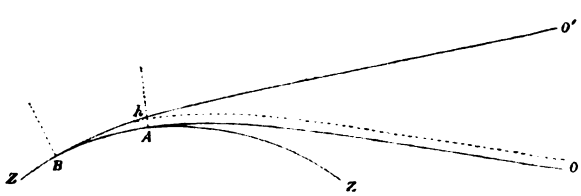


Fig. 4.

des Sonnenrandes; in der Richtung nach O hin befinde sich der Beobachter. Man mag nun in ZZ' entweder die Grenze der Photosphäre erblicken, oder aber annehmen, daselbst befinde sich die kritische Sphäre, welche in der A. Schmidtschen Sonnentheorie eine so hervorragende Stelle behauptet. In beiden Fällen wird ein Lichtstrahl, der in irgend einem Punkte A die Fläche ZZ' unter einem Winkel von nahe 90^0 mit der Normalen verlässt, nach O gelangen auf einer Bahn, deren Krümmung fortwährend abnimmt, wenn wir voraussetzen, die Dichtigkeit der Sonnenatmosphäre werde in der Richtung der Normalen allmählich kleiner. Ein unter ähnlichen Verhältnissen von B ausgehender Strahl folgt dem Wege BO' und erreicht also O nicht; dem Beobachter in O erscheint A noch gerade innerhalb des Sonnenrandes; das Licht von B ist ihm unsichtbar.

Kleine Ungleichmässigkeiten in der Atmosphärendichte auf dem Wege AO werden zwar den Strahlengang einigermassen stören, jedoch nur wenig, wenn wir den Gasen normales Brechungsvermögen beilegen. Die Störungen zeigen sich als flache Kerbungen am Rande der Sonnenscheibe. In ganz gleichem Masse weichen auch Strahlen wie BO' von der Bahn ab, die sie in einer völlig ruhigen Atmosphäre von gleichmässig abnehmender Dichtigkeit durchlaufen würden.

Wir setzen nun voraus, in der Nähe von A, über der Grenzfläche ZZ' befinde sich Natriumdampf in ungleichmässiger Verteilung. Wir denken uns diesen Dampf kaum oder nicht selbstleuchtend. Der grössere Teil des Bündels weissen Lichtes BO' erleidet in demselben, sowie in den anderen dort befindlichen Gasen bloss eine geringe, unregelmässige Strahlenbrechung; die Strahlen aber, deren Wellenlänge wenig von λD_1 oder λD_2 verschieden ist, werden viel stärker abgelenkt, und es ist möglich, dass einige der durch eine gestrichelte Linie bezeichneten Bahn BhO folgen. Alsdann wird man von O aus, in kleiner Entfernung Ah über A Licht sehen können, das von B (einer Lichtquelle mit kontinuierlichem Spektrum) herrührt, und dem Natriumlicht sehr ähnlich ist. Untersuchte man es mittels des Spektroskops, so würde sich aber zeigen, dass sich dieses Licht von dem der D-Linien mehr oder weniger unterscheidet.

Man wäre geneigt, zu meinen, auf dem Wege BhO könnten bloss Strahlen mit abnorm grossem Index, also mit Wellenlängen, die etwas grösser sind als λD_1 oder λD_2, den Beobachter erreichen. Dem ist aber nicht so; denn befände sich über A eine Schicht, die wie ein Prisma wirken sollte, dessen brechende Kante senkrecht zu der Zeichnungsebene stände, und dessen Basis von A abgewendet wäre, so würden Strahlen mit einem Index, kleiner als die Einheit, dem Wege BhO folgen können.

Im Spektrum des Lichtes, das ausserhalb der Sonnenscheibe sich zeigt, lassen sich also solche Strahlenarten erwarten, welche zu beiden Seiten jeder D-Linie liegen. Für das Licht an der roten Seite der Absorptionslinien ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens vielleicht etwas grösser, weil von A nach h die Dichtigkeit eher ab- als zunimmt. Auch ist es klar, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Licht, das sich von dem der D-Linien ziemlich stark unterscheidet, dicht am Rande am grössten ist; dort genügt ja schon eine geringere Anormalität des Brechungsindex, um Photosphärenstrahlen nach der Richtung O hin zu biegen. Hoch über A hingegen wird man für gewöhnlich bloss solches Licht beobachten können, das sich vom D-Licht kaum unterscheiden lässt.

Dieser, aus den Gesetzen der anomalen Dispension sich ergebenden, Beschreibung entspricht nun der an den Chromosphärenlinien thatsächlich beobachtete Hauptcharakter vollständig. Die Linien sitzen gewöhnlich breit auf und laufen pfeilförmig zu.[1]) Namentlich bei den Wasserstofflinien im Chromosphärenspektrum fällt diese charakteristische Gestalt gleich auf.

Es liegt kein Grund vor, um unseren Betrachtungen anlässlich des Natriumdampfes jede Gültigkeit in Bezug auf andere Gase und Dämpfe abzusprechen. Für einige wurde die anomale Dispersion schon dargethan,[2]) für andere gelang dies noch nicht; die Dispersionstheorien aber deuten auf das Vorkommen derselben in höherem oder geringerem Masse bei allen Substanzen hin.

Die eigentümliche Gestalt der Chromosphärenlinien wäre freilich auch, wie es gewöhnlich geschieht, zu erklären aus der Annahme, dass sich in der Chromosphäre intensiv strahlende Gase und Metalldämpfe befinden, deren Dichte nahe an der Photosphäre sehr bedeutend wäre und nach aussen hin schnell abnähme. Das beobachtete Licht würde nach dieser Anschauung ausschliesslich von den leuchtenden Dämpfen herrühren.

1) Man vergleiche die Beschreibung und die Abbildungen in Lockyers Werk „Chemistry of the Sun", S. 109 und 111.

2) Winkelmann, Wied. Ann. **32**, 439.

Unser neues Erklärungsprinzip des Chromosphärenlichtes schliesst die Annahme, dasselbe entspringe thatsächlich teilweise der Eigenstrahlung glühender Gase, keinenfalls aus; wir behaupten nur, dass es sich in den meisten Fällen als abgelenktes Photosphärenlicht auffassen lässt, und man also eine intensive Eigenstrahlung nicht anzunehmen braucht. Eine nähere Zusammenstellung der verschiedenen Sonnenphänomene muss entscheiden, welche Erklärung uns das beste Gesamtbild gewährt.

(Schluss folgt.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

Jagadis Chunder Bose, Von der Allgemeinheit der molekularen Erscheinungen, die durch die Elektrizität in der unorganischen und lebenden Materie auftreten. 24 Seiten.

Verfasser vergleicht Änderungen der Leitungsfähigkeit, welche in pulverförmigen Leitern durch elektrische Strahlen erzeugt werden, nach ihrem zeitlichen Verlaufe mit den Thätigkeitserscheinungen lebender Muskeln und Nerven unter der Wirkung von „Reizen". Er geht zunächst aus von den bekannten Erscheinungen an Kohärern und findet, dass je nach der Natur der angewendeten Leiter (Metallpulver, Metalloxyde, Nichtmetalle verschiedener Art) durch die elektrische Strahlung nicht nur Erhöhung, sondern auch Verminderung der Leitungsfähigkeit auftreten kann; ferner dass bei genügend kurzdauernder Bestrahlung die Restitution von selbst (ohne mechanische Erschütterung) erfolgen kann, weshalb er glaubt, die Erscheinungen nicht durch Verschmelzung gröberer Teilchen durch winzige Induktionsfunken, sondern als Ausdruck molekularer Veränderungen erklären zu sollen, — umsomehr, als auch solide Metallmassen Veränderungen der Leitungsfähigkeit unter dem Einfluss elektrischer Bestrahlung zeigen sollen, allerdings nur in ihren oberflächlichen Schichten.

Wegen des Verfahrens nun, welches Verfasser anwendet, um den zeitlichen Verlauf der „molekularen Reaktion", welche er der Leitfähigkeit zu Grunde legt, graphisch darzustellen (bei Magneteisensteinpulver, Kaliummetall u. s. w.), muss aufs Original verwiesen werden. Er vergleicht den Verlauf auf eine kurzdauernde Bestrahlung hin mit der Zuckungskurve eines Muskels oder dessen Aktionsstrom, welchen er entsprechend einer längst als irrtümlich erkannten früheren Annahme von Burdon Sanderson für synchronisch mit der Zuckung hält; die Erscheinungen bei mehreren aufeinanderfolgenden kurzdauernden Bestrahlungen, sowie bei andauernder Bestrahlung vergleicht er mit den Summations- und Tetanuskurven des Muskels. Erhöhung der Temperatur beschleunigt bei jenen Frittersubstanzen die Restitution der Leitungsfähigkeit, während Abkühlung sie verlangsamt; Verfasser vergleicht dies natürlich mit dem (doch vor allem auch den ansteigenden Schenkel der Thätigkeitskurven betreffenden) Einfluss der Temperatur auf die reizbaren Gewebe. Zu starke, sehr langdauernde Bestrahlung, sowie Beimischung fremder Pulver kann die Restitution der Leitfähigkeit stark hinausschieben: Verfasser vergleicht dieses mit den Wirkungen der Ermüdung und des Veratrins auf den absteigenden Schenkel der Muskelkurve. Er gelangt so schliesslich zu dem Ergebnis, dass auch an anorganischen Substanzen Erscheinungen vorübergehender molekularer Veränderung zu beobachten seien, welche bisher als spezifische „Reizerscheinungen" organischer Gebilde betrachtet wurden. —

Bei aller Beachtung, welche dem Referenten die vom Verfasser beschriebenen Kohärerphänomene zu verdienen scheinen, so muss Referent doch betonen, dass nach den im Original enthaltenen Details die Analogie zu den Aktionsphänomenen der Muskeln und Nerven doch nur eine sehr entfernte ist, zumal da die letzteren vom Verfasser, welcher ja nicht Physiologe zu sein scheint, zum Teil recht fehlerhaft und unrichtig dargestellt worden sind, — derart, dass die Kohärerphänomene ihnen ähnlicher zu sein scheinen, als dies in der That der Fall ist.

Boruttau.

(Eingegangen 16. Januar 1901.)

D. Hurmuzescu, Die durch Magnetisierung hervorgerufenen physikalischen Veränderungen. 11 Seiten.

Die ursprünglichen Versuche den Magnetismus durch die Ampèreschen Ströme zu erklären, sind unfruchtbar geblieben und auch in Verbindung mit der Polarisationstheorie Poissons und den Anschauungen Faradays und Maxwells scheint uns diese Theorie nur sehr vage Aufklärungen über das Wesen des Magnetismus zu geben.

Die Einführung der Begriffe der Suszeptibilität und Permeabilität und die Arbeiten Lord Kelvins haben die experimentelle Forschung am meisten gefördert. Die zahlreichen seither erhaltenen Versuchsergebnisse scheinen darauf hinzuweisen, dass der magnetische Zustand eines Körpers durch Veränderungen im Molekul selbst hervorgerufen wird, während nach den bisherigen Anschauungen es bloss räumliche Orientierungen der Moleküle wären, welche die Veranlassung zu Spannungen im magnetisierten Körper geben sollen, wie sie uns durch die Maxwellsche Theorie geläufig geworden sind.

Die verschiedenen Veränderungen, die man in den Körpern unter dem Einflusse magnetisierender Kräfte nachgewiesen hat, lassen sich in mechanische und physikalische trennen. Sie müssen, als von der magnetischen Energie herrührend, mindestens in erster Annäherung dem Quadrate der Magnetisierung proportional sein.

Hätte man es bloss mit Lagenänderungen zu thun, so dürften homogene, isotrope Körper im Felde keinerlei Volumveränderungen erfahren. Zeigt der Versuch das Gegenteil, so müssen andere Ursachen als einfache Orientierungen angenommen werden, wie z. B. Auftreten neuer Kräfte zwischen den polarisierten Molekülen. Seien diese Kräfte Anziehungen, so folgt unmittelbar daraus Volumkontraktion und man kann, ohne sich weiter in spezielle Hypothesen einzulassen, für diese Kontraktion eine Gleichung gewinnen, indem z. B. für eine magnetische Flüssigkeit die Änderung der gesamten Energie dW gleich wird

$$dW = M d\mathfrak{J} - p dv,$$

worin $d\mathfrak{J}$ die Änderung der Magnetisierung M einen den Zustand des Körpers charakterisierenden Faktor, der von der Feldintensität $\mathfrak{H}$ abhängt, und pdv (p Druck, v Volumen) die mechanische Arbeit darstellen. Da dW ein vollständiges Differential sein muss, folgt $\frac{\partial M}{\partial v} = -\frac{\partial p}{\partial \mathfrak{J}}$ und wenn man $\mathfrak{J}$ mit p derart in Beziehung setzt, dass $\mathfrak{J} = a + bp$ angenommen wird, so folgt $\frac{\partial p}{\partial \mathfrak{J}} > 0$ und $\frac{\partial M}{\partial v} < 0$; also, wenn M wächst, vermindert sich v.

Thatsächlich scheinen Versuche des Verfassers Kontraktionen magnetischer Lösungen (von Eisensalzen) zu beweisen. Das zeigt, dass die Hypothese der blossen Orientierung der Moleküle zur Erklärung der magnetischen Erscheinungen nicht ausreicht. Die Experimente an festen Körpern sind viel unsicherer wegen der mangelnden Homogeneität des Materiales, da die Einflüsse der Struktur und geringer Beimengungen ausserordentlich gross sind, wie dies von zahlreichen Forschern gezeigt wurde.

Die physikalischen Veränderungen sind die folgenden:

1. Änderung des spezifischen Widerstandes, bestehend in einer Zunahme bei Wismut, Abnahme bei Eisen und Nickel[1]). Für magnetische Lösungen sind die Resultate unsicher. (Den positiven Ergebnissen Lussanas stehen die negativen des Verfassers und Milanis entgegen.)

2. Erregung elektromotorischer Kräfte durch Magnetisierung. Eisen wird durch Magnetisierung nach Versuchen von Houllevigue, Chassagny, Lala und Fournier positiv. Am besten ist diese Veränderung in hydroelektrischen Zellen zu ersehen und schon Fresnel hat danach gesucht, aber erst Remsen erhielt 1881 beweiskräftige Resultate. Dieser Forscher zeigte, dass aus Kupfersulfatlösung, die auf magnetisches Eisen gebracht wird, sich das Kupfer den Linien gleicher magnetischer Intensität entsprechend in gleichen Dichten niederschlägt. Die stärksten magnetischen Stellen werden von Säuren am mindesten angegriffen.

Über das Vorzeichen des magnetischen Eisens gegenüber dem unmagnetischen gingen die Versuchsergebnisse lange auseinander. Gross, Nichols, Franklin, Andrews fanden magnetisches Eisen negativ und demnach chemisch stärker angreifbar als minder magnetisches; Rowland und Bell, sowie Squier erhielten das gegenteilige Resultat. Aus theoretischen Gründen schlossen Janet und Duhem, dass magnetisches Eisen weniger stark angreifbar sein sollte. Der Verfasser hat daher diese Versuche aufgenommen und die möglichen Fehlerquellen (worunter in erster Linie Polarisationserscheinungen zu zählen sind) zu eliminieren getrachtet, indem er Wollastonsche Spitzen als Elektroden und ein Kapillarelektrometer verwendete. Nimmt man an, dass die physikalischen Veränderungen nur das Resultat der mechanischen sind, so nähert man sich am meisten den herrschenden Ansichten. Bildet man die Kette magnetisches Eisen a | Säure | unmagnetisches Eisen b, so wird ein Strom entstehen. Habe nun, entsprechend den bisherigen Versuchsergebnissen, das Magnetfeld keinen Einfluss auf den Ionentransport und werde angenommen, dass sich das Eisen auf a in gleichem physikalischen Zustand niederschlage, als es in b war, so lässt sich zeigen, dass die elektromotorische Kraft

$$E = \frac{l}{\delta} \frac{\mathfrak{J}^2}{2k},$$

1) Im „Rapport" wird offenbar durch ein Versehen die Änderung für Eisen und Nickel als positiv, für *Bi* als negativ angegeben; auch müsste für die ersteren Substanzen der Zusatz ⊥ den Kraftlinien gemacht werden. Anm. d. Ref.

gesetzt werden kann, worin l das elektrochemische Äquivalent, δ die Dichte und k die als konstant vorausgesetzte Suszeptibilität bedeuten.

Thatsächlich zeigen die Versuche, dass die elektromotorische Kraft, wie es die Formel verlangt, unabhängig von der Feldrichtung ist. Für $\mathfrak{H} = 2000$ (C. G. S.) wird E bei Eisen und verschiedenen Stahlsorten von der Ordnung 0.01 Volt, bei Nickel von 0.001 Volt. Für Wismut ergiebt sich bei gleichem $\mathfrak{H}$ die elektromotorische Kraft in entgegengesetztem Sinne zu rund 0.0001 Volt.

Die abweichenden Resultate früherer Untersuchungen lassen sich vielleicht dadurch erklären, dass, falls die Elektrode selbst ein Magnetpol ist, die auftretende elektromotorische Kraft vom Eisengehalt der Lösung abzuhängen scheint, möglicherweise weil dann in unmittelbar an der Oberfläche haftenden Übergangsschichten die Magnetisierung besonders gross werden könnte.

Zusammenfassend lassen sich die folgenden Sätze als bewiesen erachten.

1. Magnetisierte Körper werden durch Säuren weniger stark angegriffen als unmagnetische.

2. Im System magnetischer Körper Säure | unmagnetischer Körper wird der unmagnetische zum magnetischen überführt.

3. Auf einer magnetischen Elektrode schlägt sich ein magnetisierter Körper auf den stärker magnetischen Teilen in grösserer Menge nieder, als auf denen geringerer Intensität.

Die diamagnetischen Substanzen zeigen das entgegengesetzte Verhalten. St. Meyer.

(Eingegangen 16. Januar 1901.)

BESPRECHUNGEN.

E. Wiechert, Grundlagen der Elektrodynamik. Festschrift zur Feier der Enthüllung des Gauss-Weber-Denkmals in Göttingen. gr. 8. II u. 112 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1900. Preis M. 3.60.

Die vorliegende Schrift enthält eine systematische Darstellung der Grundlagen der Elektrodynamik; sie sucht von dem gegenwärtig erreichten Standpunkte aus einen Überblick über die historische Entwickelung der Elektrodynamik zu gewinnen, und die Verdienste zu würdigen, welche sich die verschiedenen auf diesem Gebiete thätigen Forscher erworben haben. Wenngleich der Verfasser auf dem Boden der Nahewirkungstheorie steht, so verkennt er doch nicht, dass auch in den Anschauungen der Vertreter der Fernwirkungstheorie ein berechtigter Kern lag; er ist der Meinung, dass erst durch die Vereinigung der beiden Anschauungen die Theorie sich befriedigend gestalten lässt.

Der erste Teil enthält mathematische Vorbemerkungen über Vektoranalysis. Es wird wohl kaum noch bestritten, dass die Begriffe der Vektoranalysis für die mathematische Formulierung gerade der elektrodynamischen Gesetze überaus nützlich sind; es wäre nur wünschenswert, dass man sich über die Schreibweise der verschiedenen Symbole einigte.

Der zweite Abschnitt behandelt die „fundamentalen Thatsachen der Erfahrung". Hier werden von vornherein die Vektoren der elektrischen und magnetischen Kraft in den Vordergrund gestellt, welche durch die ponderomotorische Wirkung auf elektrische Ladungen bezw. elektrische Ströme gemessen werden. Kann man mit Hilfe des Coulombschen Gesetzes berechnen, welchen Beitrag jede einzelne Ladung zu dem resultierenden elektrischen Felde liefert, so kann man die Ampèreschen Gesetze für die Wirkung eines geschlossenen Stromes auf ein Stromelement in der Weise interpretieren, dass man jedem Stromelemente ein magnetisches Feld zuschreibt, gemäss dem Biot-Savartschen Gesetze. Indem der Verfasser dieses letztere Gesetz auch für ungeschlossene Ströme als gültig ansieht, gelangt er zu Grassmanns Elementargesetz für die Wechselwirkung zweier Stromelemente. Für geschlossene Ströme ergiebt sich F. Neumanns Potentialgesetz. Alle diese Gesetze erfahren durch Einführung des magnetischen Vektors eine anschaulichere Fassung. Dass die Entwickelung den entgegengesetzten Weg einschlug, ist wesentlich dem Einflusse Ampères zuzuschreiben, der den Magnetismus auf Molekularströme zurückführte. Hierdurch wird zwar die Abwesenheit von wahrem Magnetismus erklärt; andererseits wäre die Einführung des magnetischen Vektors hier von der weittragendsten Bedeutung gewesen. Gelangt man doch, wie der Verfasser zeigt, unter Zugrundelegung des Biot-Savartschen Gesetzes auch für ungeschlossene Ströme zu dem ersten Systeme der Hertz-Heavisideschen Gleichungen. Das zweite System folgt aus den Induktionsgesetzen von Faraday und F. Neumann.

Der dritte Abschnitt enthält eine Würdigung der Arbeiten Maxwells und der an diesen sich anschliessenden Forscher. Der Kern der Maxwellschen Theorie ist nach dem Urteil des Verfassers „das System seiner elektrodynamischen Formeln, die Erkenntnis, dass wir für die Elektrodynamik die unvermittelten Fernwirkungen ver-

meiden können, die Vereinigung von Optik und Elektrodynamik und das Bewusstsein, dass eine Deutung des ganzen Gebietes der elektrodynamischen und optischen Erscheinungen auf Grund der allgemeinen Mechanik möglich sein wird. Darüber darf indessen nicht vergessen werden, dass die Einfachheit sich zum grossen Teile dadurch ergiebt, dass die in Wirklichkeit äusserst komplizierten elektrodynamischen Vorgänge nach einer einzigen Richtung hin summarisch behandelt werden. „Erblickt doch die Maxwellsche Theorie im galvanischen Strom die gleichförmige Bewegung einer gewissen imponderablen Flüssigkeit nach einer bestimmten Richtung hin, während wir recht wohl wissen, dass dabei in Elektrolyten positiv und negativ geladene materielle Teilchen nach verschiedenen Richtungen wandern. Wird doch in dielektrischen Medien der jeweilige Zustand durch einen einzigen Vektor $\mathfrak{D}$ gemessen, während uns das optische Verhalten beweist, dass dabei molekulare Vorgänge verschiedener und sehr komplizierter Art nebeneinander stattfinden." Der Fizeausche Versuch über die Lichtfortpflanzung in strömenden Flüssigkeiten wies darauf hin, in welcher Richtung man die Elektrodynamik auszubauen hatte; man musste unterscheiden zwischen den Zustandsänderungen des Äthers und der Materie. Schon Hertz erkannte dies, er konnte sich dennoch nicht zu der Aufstellung einer entsprechenden Theorie entschliessen, da ihm eine solche mehr und willkürlichere Hypothesen zu erfordern schien, als die von ihm ausgearbeitete Elektrodynamik bewegter Körper.

Der erste, der die Unterscheidung von Äther und Materie durchführte, war H. A. Lorentz. Er nahm den Äther als unbeweglich an, und nur die materiellen Atome als beweglich. Auch die Elektrizität ist atomistisch verteilt, und haftet an der Materie. So kehrt die Theorie wieder zu der alten Vorstellung zweier Elektrizitäten zurück; jede Elektrizitätsbewegung wird hier wieder als Konvektionsstrom der „Ionen" aufgefasst. Das elektromagnetische Feld, das von diesen „Ionen" erregt wird, ist durch die Maxwellsche Theorie bestimmt. Von jedem ruhenden Ion geht eine Anzahl von elektrischen Kraftlinien aus; ein bewegtes erzeugt ein magnetisches Feld, derart, dass das Linienintegral der magnetischen Kraft längs einer geschlossenen Kurve proportional dem Gesamtstrom ist, der die Kurve durchfliesst, und der sich aus Konvektionsstrom und Verschiebungsstrom zusammensetzt. H. A. Lorentz nimmt diese Grundformel aus der Maxwellschen Theorie herüber, E. Wiechert dagegen, dessen Untersuchungen eine ähnliche Tendenz verfolgten, und unabhängig von den Lorentzschen geführt wurden, setzt nur die Gültigkeit der Hertz-Heavisideschen Gleichungen für den reinen Äther voraus. Bei der Bewegung der elektrischen Teilchen durch eine Fläche hindurch wird der elektrische Kraftfluss durch die Fläche geändert, wodurch magnetische Kräfte hervorgerufen werden. Stellt sich so das elektromagnetische Feld dar als Superposition der von den einzelnen Teilchen hervorgerufenen Felder, so ist die ponderomotorische Kraft, die ein Teilchen im Felde erfährt, von der elektrischen und magnetischen Kraft an der betreffenden Stelle des Feldes abhängig. Demgemäss lassen sich die elektrodynamischen Erscheinungen ganz allgemein auffassen als Superposition der Wechselwirkungen der einzelnen elektrischen Teilchen, wie es W. Weber annahm. Freilich betrachtete Weber diese Wechselwirkung als Fernwirkung, während sie jetzt als durch den Äther vermittelt angesehen wird, und durch die elektrodynamischen Gleichungen für den reinen Äther bestimmt ist.

M. Abraham.

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Dolezalek, Friedrich, Die Theorie des Bleiakkumulators. Halle a./S., Wilhelm Knapp. 1901. gr. 8. VIII u. 122 S. M. 8.—

Gross, W., Die Berechnung der Schusstafeln. Mit 14 Figuren im Text. gr. 8. IV u. 89 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1901. M. 3.—

Wiener, Hermann, Die Einteilung der ebenen Kurven und Kegel dritter Ordnung in 13 Gattungen. Mit 2 Figuren: I. Die Konfiguaration der neun Wendepunkte einer ebenen Kurve dritter Ordnung. II. Der syzygetische Büschel von Kurven dritter Ordnung. Halle a/S., Martin Schilling. 1901. VI u. 34 S. M. 1.60.

Personalien.

Der Privatdozent an der Universität Greifswald, Dr. Theodor Posner, ist zum Abteilungsdirigenten des chemischen Instituts ernannt worden.

Die goldene Medaille der Londoner Astronomischen Gesellschaft ist für dieses Jahr Professor Pickering, dem Leiter der Sternwarte an der Harvard-Universität in Cambridge (Massachusetts), zuerkannt worden.

Der Professor der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule in München, Robert M. Friese, der um seine Entlassung eingekommen ist, tritt am 1. April in seine frühere Stellung bei der Elektrizitätsgesellschaft vorm. Schuckert & Co. wieder zurück.

Der ausserordentliche Professor der Chemie der Wiener Universität Dr. phil. K. Natterer ist, 40 Jahre alt, gestorben.

Der Senat der Universität Berlin hat beschlossen, in der Aula eine Marmorbüste August Wilhelm v. Hofmanns aufzustellen, welche die Wittwe des Chemikers der Hochschule zu widmen gedenkt.

Der ausserordentliche Professor in der philosophischen Fakultät der Universität Leipzig und Assistent am Physikalischen Institut Dr. Otto Wiedeburg ist als ausserordentlicher Professor an die Technische Hochschule in Hannover zum Ersatz für Prof. Paschen berufen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 24. | 16. März 1901. | 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Sonnenphänomene als Folgen anomaler Dispersion des Lichtes betrachtet.

Von W. H. Julius.

(Schluss.)

Öfters erscheinen die Chromosphärenlinien in sonderbarer Gestalt, mit Verdickungen, Ästen, Büscheln, abgelösten Teilen u. s. w.[1]) Bis jetzt hat man dies nur nach dem Dopplerschen Prinzip zu erklären gewusst, also durch die Voraussetzung, die strahlenden Gase nähern oder entfernen sich mit ungeheuren Schnelligkeiten, bis über 200 km in der Sekunde. Wie von den Astronomen allgemein anerkannt wird, stösst man mit dieser Erklärung auf viele grosse Schwierigkeiten, auf die wir hier nicht näher einzugehen brauchen.

Neben dem Dopplerschen Prinzip können wir jetzt in dem der anomalen Dispersion ein anderes anführen, das gleichfalls einem Gase die Fähigkeit beilegt, uns unter gewissen Umständen Licht zugehen zu lassen, das von den für diesen Stoff charakteristischen Strahlenarten in der Wellenlänge abweicht.

In einiger Entfernung über dem Sonnenrande befinde sich z. B. Wasserstoff von an verschiedenen Stellen sehr ungleicher Dichtigkeit. Derselbe wird alsdann nicht bloss sein eigenes Licht ausstrahlen, sondern auch stellenweise Photosphärenlicht von benachbarten Wellenlängen nach der Erde hinbiegen. Im Spektrum zeigt sich dies selbstverständlich als Auswüchse oder Verzweigungen der Wasserstofflinien oder als isolierte Lichtflecken in deren Nähe. Diese Erscheinungen wird man insonderheit erwarten können, wenn der Spalt auf Protuberanzen, wo heftige Bewegungen stattfinden, und also auch wohl bedeutende Dichtigkeitsdifferenzen vorkommen, eingestellt worden ist.

1) Siehe Lockyer, l. c. S. 120.

Obgleich nun unsere neue Erklärung dieser Unregelmässigkeiten im Spektrum gleichfalls auf der Voraussetzung beruht, dass mit denselben heftige Bewegungen in der Sonnenatmosphäre verbunden seien, so brauchen wir dennoch offenbar die ungeheuren Geschwindigkeiten, welche die Erklärung nach Dopplers Prinzip erfordern würde, keineswegs anzunehmen.

Von all dem Licht, das Chromosphäre und Protuberanzen uns zusenden, mag also ein Teil von der Eigenstrahlung der daselbst befindlichen Gase herrühren — ein anderer, wahrscheinlich sehr bedeutender Teil ist als gebrochenes Photosphärenlicht zu deuten, das auf eine Weise zu uns kommt, welche uns an Töplers bekannte „Schlierenmethode" erinnert. Es giebt aber einen Unterschied. In der Schlierenmethode trägt jede der Quelle entsprungene Strahlenart dazu bei, die Ungleichmässigkeiten des Mediums hervortreten zu lassen; man sieht fast nie Farbenerscheinungen, da im Vergleich zu der mittleren Abweichung der Strahlen die Dispersion bei den meisten Medien gering ist. Die Chromosphärengase dagegen sind in eigentümlichen Farben sichtbar, weil sie für spezielle Lichtarten einen besonders grossen oder einen besonders kleinen Brechungsindex haben; in diesem Falle ist eben die Dispersion gross gegen die mittlere Abweichung der Strahlen.

Lassen wir momentan die eigene Strahlung der Gase in der Sonnenatmosphäre ausser Betracht, so werden bei radialer Lage des Spaltes diejenigen Chromosphärenlinien am längsten und am hellsten sein, die den Absorptionslinien, für welche die Erscheinung der anomalen Dispersion am kräftigsten hervortritt, entsprechen. Wir bemerkten schon, dass die beiden Natriumlinien die Fähigkeit, diese Phänomene hervorzurufen, in sehr verschiedenem Grade besitzen. Setzen wir voraus, — was gewiss nicht zu kühn ist — dass auch die Linien des Wasserstoffes

und der andern Chromosphärengase ähnliche individuelle Unterschiede darbieten, so wissen wir gleich, weshalb im Chromosphärenspektrum einige Linien eines Elementes lang, andere kurz sind, und weshalb daselbst die Intensitäten der Linien eines nämlichen Elementes sich oft so durchaus anders zu einander verhalten als im Emissionsspektrum oder im Fraunhoferschen Absorptionsspektrum. Freilich wird man die anomale Dispersion einer grossen Anzahl Substanzen gründlich untersuchen müssen, um bestimmen zu können, inwiefern unsere Betrachtung im stande sei, die schon bekannten oder noch aufzufindenden Einzelheiten im Chromosphärenspektrum zu deuten. So wird es sich z. B. zeigen müssen, ob jene Elemente, deren Linien im Chromosphärenlicht am meisten hervortreten, auch in der That besonders starke anomale Dispersion veranlassen — ein ausgedehntes, noch kaum betretenes Feld der experimentellen Forschung.

Was nun aber die Eigenstrahlung der Gase anbelangt, so besitzen wir in Lockyers geistreich erfundener Experimentalmethode der langen und kurzen Linien ein vorzügliches Hilfsmittel, um den Einfluss der Temperatur (und der Dichte?) des strahlenden Stoffes auf dessen Emissionsspektrum zu untersuchen. Also erscheint es möglich, auf experimentellem Wege zu entscheiden, ob die Chromospärenlinien wesentlich entweder der Eigenstrahlung der dort befindlichen Gase oder der anomalen Brechung des aus tieferen Schichten strahlenden Lichtes zuzuschreiben sind.

Diese Entscheidung wird sich selbstverständlich gründen müssen auf die genaueste Kenntnis der Beschaffenheit, die jede Spektrallinie der Sonnenatmosphäre in den verschiedensten Fällen aufweist. Namentlich bieten die totalen Sonnenfinsternisse die beste Gelegenheit dar, das Chromosphärenspektrum, von dem blendenden Photosphärenlicht nur wenig gestört, bis in die Einzelheiten zu beobachten. Vor allen Dingen sind es gute, mit Apparaten von hoher Dispersion erhaltene Spektrogramme, von denen man Aufschluss erhoffen darf.

Auch die viel erwähnte „umkehrende Schicht", die bei totalen Sonnenfinsternissen den sogenannten „flash" veranlasst, wollen wir von dem Gesichtspunkte der anomalen Dispersion aus betrachten. Wir bemerkten schon, dass die Dispersionstheorie allen Wellen, deren Perioden in der Nähe jeder charakteristischen Schwingungsperiode eines Stoffes liegt, in gewissem Masse anomale Brechung zuschreibt; die Anomalie kann aber gering sein. Stellte man in solchem Falle einen Versuch an gleich jenem für den Natriumdampf beschriebenen, so würden die Lichtpfeile kurz und schmal, dessen ungeachtet aber von grosser Intensität sein. Befinden sich also solche Stoffe in der Sonnenatmosphäre, sogar bis in grosser Entfernung von der Photosphäre, und sind die Ungleichmässigkeiten in ihrer Dichte von derselben Grössenordnung wie bei Natrium, Wasserstoff u. s. w. vorausgesetzt worden, so wird die anomale Strahlenbrechung das Vorhandensein dieser Stoffe dennoch nur ganz nahe am Sonnenrande offenbaren, und bloss während kurzer Momente am Anfang und am Ende der Totalität einer Sonnenfinsternis.

Dass die Linien der „flash" sehr hell sein sollten, geht aus unserer Anschauung unmittelbar hervor; denn das beobachtete Licht rührt ja nicht wesentlich von der Emission der Gase her, sondern ist ein Teil des starken Photosphärenlichtes; es kommt der Eigenstrahlung der Gase in der Wellenlänge bloss sehr nahe. Grosse Dichte brauchen die Gase nahe am Rande der Sonnenscheibe also auch nicht zu besitzen; ebensowenig braucht ihre Anwesenheit auf eine sehr dünne umkehrende Schicht beschränkt zu sein — eine der sonderbarsten Vorstellungen, zu denen die Sonnentheorie führte und die man bekanntlich auf mehreren Wegen zu umgehen versucht hat.

Das Licht der Chromosphären- und der Flashlinien mag zu beiden Seiten der entsprechenden Fraunhoferschen Linien symmetrisch verteilt sein, so dass man Koinzidenz mit ihnen wahrzunehmen meint, an manchen Stellen des Sonnenrandes aber muss auch der Fall eintreten, dass die hellen Linien gegen die Absorptionslinien verschoben zu sein scheinen. Denn je nach der Dichtigkeitsverteilung der Dämpfe werden bald namentlich die Strahlen mit sehr grossem Index (auf der roten Seite der Absorptionslinien), bald wieder namentlich solche mit sehr kleinem Index (auf der violetten Seite) sich zu uns hinbiegen.

Weil nun selbstverständlich im grossen und ganzen die Dichtigkeit der Sonnengase eher ab- als zunehmen wird, wenn man sich weiter vom Mittelpunkt entfernt, so lässt sich erwarten (man sehe unsere Bemerkung zu Fig. 4, S. 352 oben), dass eine Verschiebung der hellen Linien gegen die Fraunhoferschen Linien nach der Seite der grösseren Wellenlängen etwas häufiger vorkommen wird als nach der Seite der kleineren Wellenlängen hin.

Diese Einzelheiten werden wohl erst in den mittels Spaltspektrographen hoher Dispersion erhaltenen Photogrammen klar hervortreten, und es lässt sich voraussehen, dass in manchen Chromosphärenlinien sich ein dunkler Kern vorfinden wird.[1])

1) In einigen gelegentlich der Sonnenfinsternis von 1898 erhaltenen Spektrogrammen hat neuerdings W. Campbell Linienverschiebungen und andere Eigentümlichkeiten aufge-

Wir vertreten also hinsichtlich desjenigen Teiles der Sonnenatmospäre, der ausserhalb der Photosphäre (oder der kritischen Sphäre) sich befindet, nachfolgende Ansicht.

Die verschiedenen Elemente, auf deren Anwesenheit in der Sonnenatmosphäre man aus Spektralbeobachtungen geschlossen, finden sich in derselben viel weiter verbreitet vor als man, sich auf die Form der Lichterscheinungen stützend, anzunehmen geneigt war; sie können bis auf grosse Entfernungen ausserhalb der Photosphäre überall vorhanden, und dennoch nur an einigen Stellen sichtbar sein; ihre Eigenstrahlung trägt (Helium und Coronium vielleicht ausgenommen) relativ wenig zu ihrer Sichtbarkeit bei, die Entfernungen, in welchen man das charakteristische Licht dieser Stoffe ausserhalb des Sonnenrandes zu sehen glaubt, werden hauptsächlich durch ihre lokalen Dichtigkeitsdifferenzen mit Berücksichtigung ihrer Fähigkeit, anomale Dispersion zu verursachen, bestimmt.

Zum Schluss mögen noch einige Bemerkungen über Sonnenflecken folgen. Im Fleckenspektrum zeigen sich viele der Fraunhoferschen Linien stark verbreitert (siehe z. B. die Figur in Lockyer, „Chemistry of the Sun", S. 100). Man hat dies der Anwesenheit verdichteter absorbierender Gase zugeschrieben und gemeint, die breiten Bänder seien ausschliesslich durch Absorption verursacht. Hier drängt sich nun die Frage auf, ob nicht die zweite Folgerung, die wir aus den Brechungserscheinungen in einer Natriumflamme ableiteten (S. 351), hierauf Anwendung finden könnte.

Setzen wir voraus, einem Flecken entspreche immer ein Teil des Sonnenkörpers, wo im Zusammenhang mit Wirbelbewegungen (Faye) oder mit starken vertikalen Strömungen, die Materie an verschiedenen Orten grosse Dichtigkeitsunterschiede aufweist. Meistens denkt man sich den Sitz dieser Erscheinung etwa im Niveau der Photosphäre, wenigstens nicht weit über oder unter derselben. Ist nun der von der Kugelfläche ZZ (Fig. 4 oder 5) umschlossene Körper wirklich von der sie umgebenden Atmosphäre scharf unterschieden, insofern seine Oberfläche ziemlich gleichmässig nach allen Seiten hin ein starkes Licht mit einem kontinuierlichen Spektrum ausstrahlt, während die Atmosphäre nur schwach leuchtet, so ist man nicht im stande, aus der blossen Annahme von normaler und anomaler Strahlenbrechung in den verschiedenen Teilen des Fleckens, seine Dunkelheit und die Verbreiterung der Fraunhoferschen Linien zu erklären. Man ist dann gezwungen, diese Erscheinungen auf Temperaturdifferenzen, geringeres Ausstrahlungsvermögen, Kondensation, stärkere Absorption u. s. w. zurückzuführen, wie auch gewöhnlich geschehen.

Anders gestaltet sich aber die Sache, wenn wir uns auf den Standpunkt der Schmidtschen Sonnentheorie stellen. Nach dieser soll die scheinbare Oberfläche der Photosphäre nicht als die Grenze eines Körpers aufgefasst werden, sondern ist nur eine kritische Sphäre, definiert durch die Eigenschaft, dass ihr Halbmesser dem Krümmungsradius horizontaler, durch einen Punkt ihrer Oberfläche gehender Lichtstrahlen gleich ist. Von einer Diskontinuität in der Stoffverteilung zu beiden Seiten dieser Kugelfläche ist durchaus keine Rede. Auch innerhalb der kritischen Sphäre nimmt die mittlere Dichtigkeit der Materie und ihr Emissionsvermögen noch allmählich zu, und bloss in grosser Tiefe braucht der Stoff derart beschaffen zu sein, dass er Licht mit einem kontinuierlichen Spektrum ausstrahlt.

In der Figur 5 sei der Kreis ZZ der Durchschnitt der kritischen Sphäre mit der Ekliptik; die Erde befinde sich in der Richtung MA. Ein in der Mitte der Sonnenscheibe sichtbarer Flecken würde sich in P auf die kritische Sphäre projizieren.

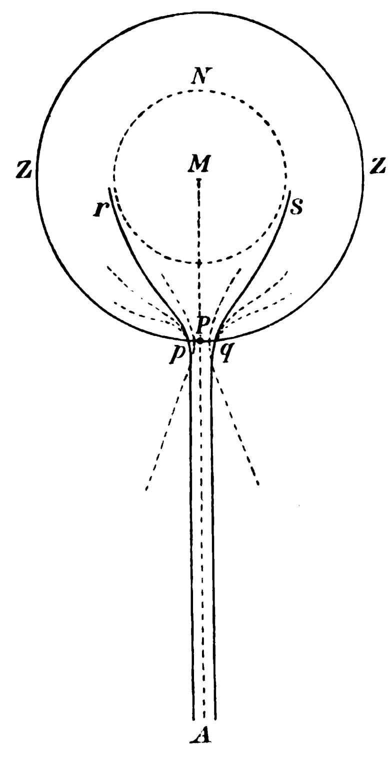


Fig. 5.

funden (Astroph. Journ. XI Nr. 3, April 1900), deren Erklärung sich aus den obigen Betrachtungen unmittelbar zu ergeben scheint.

Auch die mir erst vor kurzem bekannt gewordenen Beobachtungen Mascaris (Sullo allargamento e stoppiamento delle righe dello spettro solare. Mem. Spettr. 27, 83—89. Ref.: Naturw. Rundsch. 18, 618) schliessen sich dem von unserer Theorie geforderten Verhalten der Chromosphärenlinien auf treffliche Weise an.

Wir setzen nun voraus, die Dichtigkeit nehme von dem Centrum P des Fleckens aus nach allen Seiten hin zu, so dass sich daselbst eine nahezu cylinderförmige konzentrische Schichtung mit der Gesichtslinie als Achse ausgebildet hat. Lichtstrahlen pA und qA, welche die normale Strahlenbrechung erleiden, werden, wie leicht einzusehen, im Sonnenkörper z. B. die Wege rp, sq zurückgelegt haben können, und sind also zwar nicht aus dem am intensivsten leuchtenden Centrum, aber doch aus ziemlich stark strahlenden Teilen der Sonne hervorgegangen, sie veranlassen das weisse Licht von Kern und Halbschatten, die sich zwar dunkel von den übrigen Teilen der Sonnenscheibe abheben, jedoch immerhin eine ziemlich grosse Helligkeit besitzen.

Kleine Unregelmässigkeiten in der vorwiegend konzentrischen Dichtigkeitsverteilung um P herum lassen es möglich erscheinen, dass parallel zu PA auch Strahlen, die anderen Bahnen gefolgt sind, austreten; dieselben werden jedoch nicht wesentlich ausserhalb des Körperwinkels rPs liegen können.

Strahlen aber, welche anomale Dispersion erlitten haben, und dennoch parallel mit PA unser Auge erreichen, müssen aus einer viel grösseren Mannigfaltigkeit von Richtungen hergekommen sein, brauchen also nicht in so grosser Anzahl von dem kräftig leuchtenden centralen Teil der Sonne herzurühren, und sind deshalb weniger intensiv.

Wir können uns den Vorgang auch folgendermassen veranschaulichen:

Von all dem Licht, das dem am intensivsten leuchtenden Sonnenkern (zu dem wir z. B. alles, was sich innerhalb der Kugel N befindet, rechnen wollen) entstrahlt, und durch die Umgebung von P hinaustritt, werden infolge der lokalen Dichtigkeitsunterschiede diejenigen Strahlenarten, deren Brechungsindex abnorm gross oder abnorm klein ist, in höherem Masse nach allen Richtungen hin zerstreut, als die normal gebrochenen. Daraus geht hervor, dass ein Beobachter in A, nach P hinblickend, von jenem abnorm gebrochenen Licht nur einen geringeren Teil als von dem übrigen Licht mit seinem Instrument auffängt. Strahlen, welche in der Sonne anomale Dispersion erlitten haben, müssen also im Fleckenspektrum teilweise fehlen: die Fraunhoferschen Linien erscheinen verbreitert.

Während unsere Betrachtungen über den Ursprung des Chromosphärenlichtes von jeder Theorie über die Beschaffenheit der Photosphäre ganz unabhängig waren, stützt sich die hier kurz geschilderte Erklärung der Fleckenphänomene zum Teil auf die Schmidtsche Theorie; sie steht oder fällt mit dieser.

Sollte eine weitere Untersuchung zeigen, dass die Linien, welche sich in den Fleckenspektren öfters verbreitert zeigen, thatsächlich eben diejenigen sind, welche starke anomale Dispersion verursachen, so wäre diese Erfahrung ein Beleg für die Schmidtsche Sonnentheorie.

Übrigens wird man gleich einsehen, dass auch, wo es sich um die Erklärung gewisser, in den Fraunhoferschen Linien nahe am Sonnenrande und in den Fackeln und Flecken beobachteter Unregelmässigkeiten [1]) handelt, das Prinzip der anomalen Strahlenbrechung dem Dopplerschen an die Seite gestellt werden muss. Denn es ist möglich, viele dieser Phänomene als Refraktionserscheinungen zu deuten, während man bis jetzt in der Annahme, dass die Sonnengase sich mit ungeheuren Geschwindigkeiten bewegen, den einzigen Erklärungsgrund zu besitzen glaubte.

Aus obigen Erwägungen scheint sich zu ergeben, dass viele Sonnenphänomene durch die anomale Dispersion in einfacher Weise erklärt werden können. Wie dem aber auch sei, so wird jedenfalls jede künftige Sonnentheorie den Gesetzen der Strahlenbrechung Rechnung zu tragen haben.

1) Man vergleiche z. B. die Abbildungen in Lockyer, „Chemistry of the Sun" S. 157 u. 210; Scheiner, „Die Spektralanalyse der Gestirne" S. 349.

Utrecht, Januar 1901.

(Eingegangen 22. Januar 1901.)

Antwort auf einige Bemerkungen von Herrn Ernst Dorn, betitelt: Versuch einer Erklärung der Beobachtungen von Herrn Emilio Villari über Entwickelung von elektrischen Ladungen durch „Röntgenluft." [1])

Von Emilio Villari.

Im vergangenen Jahre veröffentlichte ich in den Rendiconti della R. Acc. di Napoli [2]) einen kurzen Aufsatz, dessen Inhalt in ausführlicher Weise in den Rend. d. Acc. dei Lincei [3]) und auszugsweise in der Physikalischen Zeitschrift [4]) wiedergegeben ist, in welchem ich unter anderem sagte, dass die X-durchstrahlte Luft, je nachdem sie kräftig oder leicht über metallische Oberflächen reibt oder streicht, diese Oberflächen energisch positiv oder negativ ladet; sie selbst zeigt sich unelektrisch oder mit einer schwachen Ladung von derselben Art, wie die metallischen Oberflächen. Um diese Thatsachen zu erklären, sagte ich mit allem möglichen Vorbehalt, dass die den metallischen Oberflächen

1) Diese Zeitschr. **2**, 238—239, 1901.
2) Rend. R. Accademia di Napoli.
3) Rend. R. Acc. d. Lincei Maggio 1900, Roma.
4) Diese Zeitschr. **2**, 178, 1900.

entgegengesetzten Elektrizitäten, die man in der X-durchstrahlten Luft finden müsste, daselbst nicht wahrgenommen werden konnten, — vielleicht weil sie sich bei Verwandlung der X-durchstrahlten Luft in gewöhnliche Luft aufgezehrt hatten oder dabei verausgabt worden waren. Ich wagte diese Vermutung, nachdem ich in früheren Arbeiten schon gezeigt hatte, dass die X-durchstrahlte Luft auf Kosten der Elektrizität wieder zu gewöhnlicher Luft werden kann. Prof. Dorn in Halle unterwirft die Resultate meiner Untersuchungen einer Prüfung in einer kurzen Note, die in dieser Zeitschrift veröffentlicht ist und schlägt eine von der meinigen abweichende Erklärung vor. Er geht von den kürzlich erfolgten Untersuchungen des englischen Physikers Zeleny aus, welcher in einer Arbeit behauptet, dass er in den von ihm untersuchten, durch X-Strahlen ionisierten Gasen gefunden hat, dass die negativen Ionen beweglicher als die positiven sind, und dass sie deshalb weniger Masse als letztere haben müssten. In der feuchten Kohlensäure bewahrheitet sich das Gegenteil, und daher müssen ihre negativen Ionen träger und von grösserer Masse sein als die positiven wären. Auf diesen Massenunterschied stützt Prof. Dorn seine Erklärung, die sich in Kürze hier nicht so leicht wiedergeben lässt.

Er schickte mir seinen Aufsatz, begleitet von einem liebenswürdigen Brief, in dem er folgendes schreibt: „Vielleicht würdigen Sie die Sache der Überlegung, möglichenfalls stellen Sie Versuche an, welche die Erklärung bestätigen oder widerlegen. Die Resultate von Zeleny als richtig vorausgesetzt, würde z. B. feuchte Kohlensäure die umgekehrte Elektrizität erzeugen müssen als die anderen Gase, da bei feuchter CO_2 das negative Ion mehr Masse hat."

Ich habe innerhalb der bescheidenen Mittel, über die ich verfüge, meine früheren Versuche sehr gern wieder aufgenommen, um das Verhalten der Luft und der feuchten Kohlensäure einander gegenüber zu stellen. Ich stellte Kohlensäure her, indem ich die im Handel befindliche Salzsäure auf zerstampften Marmor wirken liess und füllte etwa fünfzig Liter davon in Gummisäcke. Bei starkem Druck auf die Säcke trieb ich das durch X-Strahlen aktiv gemachte Gas[1]) durch eine gut isolierte Zinkröhre ($30 \times 2,7$ cm), in der sich eine Rolle aus einem Eisenblatt ($20 \times 2,7$ cm) befand, und welche mit einem Quadranten-Elektrometer in Verbindung stand; dieses wurde bei verschiedenen Versuchen durch die negative Ladung um 120 bis 170 mm abgelenkt. Nahm ich nun die identische Messung mit feuchter röntgenisierter Luft vor, so wurde das Elektrometer gleichfalls durch negative Ladung abgelenkt, aber um 240 bis 325 mm. Hier haben also die durch das Durchstreichen von Kohlensäure und von Luft entwickelten Ladungen gleiches Vorzeichen, aber verschiedene Intensität.

Zur Wiederholung ähnlicher Versuche trieb ich X-durchstrahlte Kohlensäure durch einen Filter, bestehend aus einer Messingröhre ($10 \times 2,5$ cm), die durch 60 dichte Siebplatten aus Aluminium geschlossen, gut isoliert und an das Elektrometer angeschlossen war; dieses wurde durch positive Ladung um + 20 bis + 30 mm abgelenkt. Trieb ich die X-durchstrahlte Luft mit Hilfe des Sackes hindurch, so wurde das Elektrometer auch durch positive Ladung abgelenkt, aber um ungefähr + 200 mm.

Trieb ich schliesslich X-durchstrahlte Kohlensäure durch eine Rolle aus dichtem Messingnetzwerk, so erzielte ich schwache und unsichere Ladungen, während ich mit Luft starke positive Ladungen erhielt.

Aus Vorstehendem lässt sich entnehmen, dass die Ladungen, die auf metallischen Oberflächen durch das Darüberstreichen von Kohlensäure entwickelt werden, schwächer, aber gleichen Vorzeichens wie die durch Luft hervorgerufenen sind. Mir scheinen diese Resultate die von Herrn Prof. Dorn vorgeschlagene Erklärung nicht zu bestätigen, da er in seinem Briefe schreibt, dass die durch Kohlensäure entwickelten Ladungen umgekehrten Vorzeichens sein müssten als die durch Luft erzeugten, was sich nicht bestätigt hat. Doch scheint mir der grosse Unterschied der Spannung zwischen den durch Kohlensäure und den durch Luft entwickelten Ladungen besondere Beachtung zu verdienen; ein Unterschied, auf den Prof. Dorn im Anschluss an die oben dargelegten Ideen hinweist. Was die Erklärung der früher von mir beobachteten Thatsachen anbelangt, so kann ich für jetzt wenigstens nur wieder meine frühere Erklärung in Vorschlag bringen, um so mehr, als sie auch zu erklären vermag, warum die X-durchstrahlte Luft, wenn sie über metallische Oberflächen streicht, wieder zu gewöhnlicher Luft wird. Ich wiederhole aber, was ich schon früher gesagt habe, nämlich dass ich diese Erklärung nur mit dem grössten Vorbehalt, sozusagen als Versuch zum näheren Verständnis der Frage, abgeben möchte.

(Eingegangen 17. Febr. 1901.)

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

1) Für weitergehende Erklärungen siehe meinen Aufsatz in Nr. 12 dieser Zeitschr. (2, 178, 1900).

Über die Einwirkung der Becquerel- und der Röntgenstrahlen auf das Auge.

Von F. Himstedt und W. A. Nagel.[1])

Die von Giesel gemachte Entdeckung, dass die Becquerelstrahlen im Auge Lichtempfindung auszulösen vermögen, bildete für uns den Ausgangspunkt einer Versuchsreihe, in der wir erstens das Wesen dieser Reizwirkung näher zu analysieren suchten, zweitens die bekannte Reizwirkung der Röntgenstrahlen und der ultravioletten Strahlen zum Vergleich heranzogen, und drittens prüften, ob diese Strahlenarten ebenso, wie die gewöhnlichen sichtbaren Lichtstrahlen eine objektiv, durch das Entstehen elektrischer Ströme, nachweisbare Erregung der lebenden Tiernetzhaut erzeugten. Die Präzision, mit der diese „Aktionsströme" ausgelöst und gemessen werden konnten, veranlasste uns sodann, eine genauere messende Untersuchung über die Stärke der Erregungswirkung anzustellen, welche Strahlen verschiedener Wellenlänge (aus dem sichtbaren Spektrum) auf das lebende Froschauge ausüben; hierbei ergab sich eine vom physiologisch-optischen Standpunkte interessante Fragestellung, die unten zu erwähnen sein wird.

Sowohl das Ultraviolett, wie Röntgen- und Becquerelstrahlen werden bei den zur Zeit verfügbaren Intensitäten nur vom gut dunkeladaptierten Auge wahrgenommen, wirken also höchst wahrscheinlich ausschliesslich auf die Stäbchen der Netzhaut; ob die Zapfen durch diese Strahlen thatsächlich gar nicht erregt werden, liess sich bis jetzt nicht einwandfrei feststellen, da es selbst bei Röntgenstrahlen sehr schwer ist, ein Strahlenbündel nur auf dem kleinen stäbchenfreien Bezirk der Fovea centralis zu lenken; bei Becquerelstrahlen und Ultraviolett kommt hinzu, dass sie in den durchsichtigen Medien des Auges, Linse und Glaskörper, Fluoreszenz erregen und somit eine ganz diffuse Lichtquelle im Auge selbst schaffen. Diese Fluoreszenz ist an den betreffenden Teilen frischer Tieraugen leicht zu erkennen. Sie erklärt die vollkommen diffuse Erhellung des Gesichtsfeldes durch jene Strahlen und die Unmöglichkeit, mittelst ihrer eine cirkumskripte Reizung der Netzhaut zu erzielen; weshalb auch die Frage offen bleiben muss, ob Becquerelstrahlen und Ultraviolett die Netzhautelemente selbst erregen können.

Diese Frage bleibt selbst bezüglich der Röntgenstrahlen unentschieden. Diese erregen zwar in Linse und Glaskörper keine nachweisliche Fluoreszenz, weder bei Menschen- noch bei Tieraugen. Infolge davon ist cirkumskripte Netzhautreizung durch sie möglich (wie schon Röntgen und Dorn gefunden hatten), indem man die Strahlen durch enge Bleidiaphragmen ins Auge treten lässt. Die Möglichkeit, dass die Röntgenstrahlen auf dem Umwege über Fluoreszenzerregung in der Netzhaut wirken (also nicht direkt durch Reizung der Stäbchen oder Zapfen), ist um so mehr festzuhalten, als wir an isolierten Tiernetzhäuten eine allerdings äusserst schwache Fluoreszenz wahrnahmen.

Die Erregung des Froschauges durch Röntgenstrahlen, wie auch durch Ultraviolett liess sich mittelst der Aktionsströme nachweisen. Das aus dem Kopf des getöteten Frosches möglichst rein herauspräparierte und im Dunkeln gehaltene Auge wurde durch unpolarisierbare Elektroden an seinem vorderen und hinteren Pol zu einem d'Arsonval-Galvanometer abgeleitet, unter Einschaltung eines beträchtlichen Widerstandes, der Ruhestrom (die elektromotorische Kraft betrug zwischen 0,0056 und 0,0172 Volt) wurde kompensiert. Es war dafür gesorgt, dass beim Betrieb der Röntgenröhre weder Licht noch elektrische Einflüsse das Präparat treffen konnten.

Bei kurzer Einwirkung der Röntgenstrahlen trat, genau wie beim Einfall sichtbarer Strahlen in das Froschauge, Vergrösserung der elektromotorischen Kraft des Präparates ein, Anwachsen bis zu einer bestimmten Höhe und abermalige Vergrösserung bei Abstellen der Röhre, dann rasches Absinken.

Beim helladaptierten Auge blieben Röntgenstrahlen unwirksam.

Wir untersuchten ferner ebenfalls an ausgeschnittenen unverletzten Froschaugen die Reizwirkung der verschiedenen Regionen eines Dispersionsspektrums. Als Lichtquelle diente ein Triplexgasbrenner. Das Auge befand sich in einem Dunkelkasten, mit der Hornhautseite dicht vor einem schmalen Spalt in der Kastenwand, auf welchen die einzelnen Spektrallichter gelenkt werden konnten. Zum Zweck der Reizung wurde der vorher verdeckt gehaltene Spalt auf 10 Sek. geöffnet, und die Grösse des hierdurch ausgelösten Aktionsstromes gemessen, genau wie bei den Versuchen mit Röntgenstrahlen. Die eine Elektrode war am hinteren Pol des Auges, die andere am Rande der Hornhaut angelegt (um die Pupille frei zu lassen). In der Regel begannen wir die Versuche mit dem einen Ende des Spektrums, gingen dann successive zum anderen Ende, und nun, um die Ermüdungswirkung auszuschalten, wieder zurück zum Ausgangspunkt, unter Berührung der gleichen Punkte. Aus den korrespondieren-

1) Nach F. Himstedt und W. A. Nagel, Über die Einwirkung der Becquerel- und der Röntgenstrahlen auf das Auge. Berichte der naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. Br. 11, 139—152. Januar 1901 und F. Himstedt und W. A. Nagel, Die Verteilung der Reizwerte für die Froschnetzhaut im Dispersionsspektrum des Gaslichtes, mittelst der Aktionsströme untersucht. Ibidem, S. 153—162, 1901, für die Physikalische Zeitschrift bearbeitet von W. A. Nagel

den Messungen auf dem Hin- und Rückweg wurde der Mittelwert berechnet, der nun ein relatives Mass für den Reizwert des betreffenden homogenen Lichtes gab.

Die Verteilung der Reizwerte im Spektrum fanden wir nun verschieden, je nachdem am hell- oder am dunkeladaptierten Froschauge untersucht wurde. Für rote Lichter war allerdings der Reizwert in beiden Fällen fast der gleiche, die Zunahme nach dem Gelb zu war aber für das Dunkelauge weit beträchtlicher als für das Hellauge. Für letzteres war das Maximum der Reizwirkung mit dem Gelb der Linie D erreicht, von da ab erfolgt ein erst schnelleres, dann langsameres Absinken in Grün, Blau und Violett.

Beim Dunkelauge steigen die Reizwerte dagegen noch jenseits der Natriumlinie beträchtlich und erreichen ihr Maximum im gelblichen Grün nahe der Thalliumlinie (bei 544 $\mu\mu$), um so deutlicher, je mehr man durch geringe Helligkeit der Reizlichter dafür sorgt, dass die Adaptation nicht gestört wird.

Dies Ergebnis ist insofern bemerkenswert, als sich hier eine a priori nicht zu erwartende vollkommene Übereinstimmung ergiebt zwischen den Reizwerten für die hell- und dunkeladaptierte Froschnetzhaut einerseits und den Helligkeitswerten für das hell- und dunkeladaptierte Menschenauge andererseits. Das helladaptierte normale Menschenauge sieht das Helligkeitsmaximum im reinen Gelb, oder etwas gegen Orange hin, das dunkeladaptirte dagegen sieht namentlich im lichtschwachen Spektrum das Maximum im gelblichen Grün, etwa bei 544 $\mu\mu$.

Wir sehen in dem Verhalten des Froschauges einen Hinweis darauf, dass bei ihm eine ähnliche Arbeitsteilung zwischen Zapfen und Stäbchen vorliegt, wie im menschlichen Auge, wo die Zapfen vorzugsweise bei hellerer Beleuchtung, die Stäbchen in der Dämmerung zum Sehen dienen, letztere also eines erheblichen Masses von Dunkeladaptation fähig sein müssen.

(Eingegangen 23. Februar 1901.)

Ein Satz über Fouriersche Reihen und seine Anwendung in der Geophysik.

Von A. Nippoldt jun.

Setzt man das Intervall 2π, in dem die Fouriersche Reihe jeden möglichen Wert annimmt, gleich der natürlichen Periode [1]) eines geophysikalischen Elementes, so ist dies von allen üblichen Darstellungen des periodischen Vorgangs die sinngemässeste, da sowohl die darzustellende als die dargestellte Funktion die Periodizität gemeinsam haben. Hierzu kommt, dass unter bestimmten Verhältnissen die einzelnen Wellen eine reale Bedeutung erlangen, z. B. dann, wenn der periodische Vorgang stehenden Schwingungen zuzuschreiben ist, wie bei der täglichen Variation des Luftdruckes. Aber auch für den Fall, dass die Wellen höherer Ordnung zunächst nur Rechengrössen sein sollten, können die Reihen dennoch den dargestellten Vorgang nach seinen Ursachen hin physikalisch analysieren, allerdings erst unter Zuhilfenahme von Verfahren, die ganz ausserhalb der Methode liegen, nämlich durch Vergleich der Koeffizienten für verschiedene Zeiten und Orte, wo die verschiedenen Ursachen in entgegengesetztem Sinne wirken.

Durch solche Hilfsmittel ist es dem Verfasser gelungen, darzuthun, dass jenes Feld, welchem nach Schuster-Bezold [1]) die täglichen Variationen des Erdmagnetismus zuzuschreiben sind, aus zwei Teilen zusammengesetzt ist, wovon der eine dem „solaren", der andere dem „terrestrischen" Anteil der Witterung entspricht. Beide Anteile rufen eine Periode von 24 Stunden hervor, so dass durch die Fouriersche Darstellung der solare Anteil durch das erste Glied, der terrestrische durch die Summe der übrigen gegeben ist. Der solare Anteil stellt also eine stehende Schwingung dar, der terrestrische ist durch die Glieder von der 2. Ordnung an rein rechnerisch dargestellt, indem die einzelnen Wellen weiter keine selbständige Existenz führen.

Wenn man also die Reihendarstellung mit der nötigen Vorsicht und nur da anwendet, wo sie berechtigt ist, [2]) darf man in ihr ein wertvolles Hilfsmittel zur Ergründung der Ursachen der periodischen Erscheinungen der Geophysik sehen. Es sei daher in folgendem ein ganz einfacher Satz besprochen, der aber von einer nicht geringen Tragweite, zum mindesten für die Geophysik, sein dürfte.

Es sei $f(t)$ eine Funktion, welche die Entwicklung gestattet

$$f(t) = a_0 + \Sigma p_n \cos nt + \Sigma q_n \sin nt$$

Es sei $f(t)$ ferner eine lineare Funktion der unabhängigen Variabelen $x_1, x_2, x_3 \ldots . x_m$, wo die x_m ihrerseits die Entwicklung zulassen.

$$x_m = \varphi_m(t) = (a_0)_m + \Sigma (p_n)_m \cos nt + \Sigma (q_n)_m \sin nt;$$

welche Funktion der $(p_n)_m$, $(q_n)_m$ sind dann die Koeffizienten p_n, q_n?

Da die $\varphi_m(t)$ voneinander unabhängig sind, setzt sich $f(t)$ aus dem Einfluss eines jeden additiv zusammen, so dass

$$f(t) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \ldots . c_m x_m = \sum_1^m c_m x_m.$$

1) d. h. im strengsten Sinne gleich der mit Schusters Periodogramm ermittelten. (Cambridge, Phil. Trans. **18**, 107—135, 1899. Ein Referat darüber wird demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen.)

1) Diese Zeitschrift **2**, 123 u. ff. 1900.

2) Vgl. A. Nippoldt, Zeitschr. f. math. u. naturw. Unterricht **29**, 401, 1898.

Es ist also

$$a_o + \Sigma p_n \cos nt + \Sigma q_n \sin nt = \sum_1^m c_m (a_o)_m$$
$$+ \sum_1^m \Sigma (p_n)_m \cos nt + \sum_1^m \Sigma (q_n)_m \sin nt.$$

Also

$$a_o = \sum_1^m c_m (a_n)_m; p_n = \sum_1^m c_m (p_n)_m; q_n = \sum_1^m c_m (q_n)_m.$$

Dies Ergebnis erscheint so selbstverständlich, dass der Satz — er sei der Einfachheit halber kurz „Koeffizientensatz" genannt — in der That denn auch für einige Spezialfälle abgeleitet und angewendet worden ist; aber seine allgemeine Brauchbarkeit ist noch nicht erkannt worden.

a_o bedeutet bekanntlich den Mittelwert, um den die Schwingung stattfindet, während p_n und q_n die halbe maximale Amplitude der $n$ten Welle bestimmen. c_m ist eine Funktion von $x_1, x_2 \ldots. x_{m-1}$. Der Satz besagt also zunächst: Die Amplitude der $n$ten erzeugten Welle hängt nur von der $n$ten erzeugenden Welle ab, und zwar so, wie der Mittelwert der erzeugten Funktion von den Mittelwerten der erzeugenden abhängt.

Die x_m sind das, was Verfasser früher einmal als „primäre Elemente" definierte, während $f(t)$ ein „sekundäres Element" vorstellt[1]). Es besagt also der Satz, dass man die (vielleicht der Beobachtung unzugängliche) Variation des sekundären Elementes aus denen der primären berechnen kann, indem die Variation des sekundären Elementes von den Variationen der primären so abhängt, wie die absoluten Werte, um welche die Schwingungen stattfinden, voneinander abhängen.

Es seien nunmehr die verschiedenen Möglichkeiten der Anwendung besprochen.

Rein rechnerisch. Hat man alle in Betracht kommenden x_m harmonisch analysiert, so erspart der Satz die Analyse von $f(t)$. Für diese Zwecke hat denn auch schon auf Anregung von E. Schering hin eine Anwendung des Satzes stattgefunden und zwar durch die Herren Huff, Meldau, Garthe und Kind, um aus den Koeffizienten der Horizontalintensität und Deklination des Erdmagnetismus die entsprechenden Grössen der rechtwinkligen Komponenten zu ermitteln. Die Variationsgleichung für die Nord-Südkomponente lautet

$$\triangle X = \triangle H \cos \delta - H \sin \delta \triangle \delta \sin 1'.$$

Nach dem Koeffizientensatz ist dann einfach

$$(p_n)_x = (p_n)_H \cos \delta - (p_n)_\delta H \sin \delta \sin 1',$$

was recht deutlich illustriert, wie die Koeffizienten auf dieselbe Art voneinander abhängen, wie die absoluten Werte, d. i. in diesem Falle, wie die X von H und δ.

1) Theor. Grundlagen der Wetterprognose. Gaea **34**, 355, 1898.

Besonders wichtig wird diese Art der Anwendung, wenn die Variationen des sekundären Elementes nicht beobachtbar sind, wofür ein Beispiel weiter unten folgt.

Physikalisch analysierend. Ist es gelungen, den Einzelwellen der erzeugenden Funktionen eine physikalische Natur nachzuweisen, so überträgt der Satz sie auf die Welle gleicher Ordnung der erzeugten. So hat der Verfasser nachweisen können, dass die tägliche Variation der erdmagnetischen Deklination aus einem solaren und einem terrestrischen Anteil zusammengesetzt ist. Da nun

$$\triangle \delta = \frac{c}{H}(\cos \delta \triangle Y - \sin \delta \triangle X),$$

so muss $\triangle X$, $\triangle Y$ und somit das Potential des täglichen Feldes überhaupt (da es aus $\triangle X$ und $\triangle Y$ allein berechenbar) nach dem Koeffizientensatze ebenfalls diese beiden Anteile besitzen, wie oben schon erwähnt.

Theoretische Verwertung. Der Satz giebt ferner die Abhängkeit der Amplitude vom absoluten Werte. Kennt man also z. B. des letzteren Abhängigkeit von der geographischen Breite und Länge, der Erhebung über oder unter die Erdoberfläche und dergl., so kennt man auch, ohne sie gemessen zu haben, die Abhängigkeit der Variation von diesen Grössen. Dies liegt auch in einem empirischen Satze von L. A. Bauer[1]) über die umgekehrte Proportionalität zwischen dem absoluten Werte der Intensität des Erdmagnetismus und der Amplitude der Variationen. Andererseits kann man auch aus bekannten Variationen die absoluten Werte ermitteln.

Praktische Verwertung. Die Erscheinungen der Meteorologie werden dem Experiment zugänglicher gemacht. Die meteorologische Natur des Schuster-Bezoldschen Feldes der täglichen Variation des Erdmagnetismus lässt sich nur erklären, wenn man erdelektrische Vorgänge zur Hilfe holt, so z. B. durch eine tägliche Variation der elektrischen Leitfähigkeit der Luft. Messungen der Variationen dieses Elementes, etwa mit Hilfe des Ballons, sind heute noch so gut wie unausführbar: man kann jedoch im Laboratorium das Gesetz finden, wie die Leitfähigkeit der Luft von deren Zustand und Zusammensetzung abhängt. Giebt man dann der zu untersuchenden Luft den Zustand, wie er der Norm in den verschiedenen Höhen entspricht, so erhält man dadurch die Abnahme der Leitfähigkeit mit der Höhe und somit durch den Koeffizientensatz die tägliche Variation der Leitfähigkeit mit der Höhe. Man kann also derart zu einer quantitativen Prüfung der elektrischen Natur der erdmagnetischen Variationen kommen. Was für die verschiedenen

1) Terr. Magnetism. **2**, 44—60, 1897.

Höhen Normalluft ist, haben die Fahrten des Berliner Vereines für Luftschiffahrt ergeben; die Schwierigkeit liegt in der Untersuchung der Leitfähigkeit so dichter Luft, als sie der unteren Atmosphäre entspricht.

Elimination der Variationen. Es kommt oft vor, dass man die Abhängigkeit eines geophysikalischen Elementes von irgend einer Grösse nur genähert kennt, da die nicht bekannten Variationen nicht eliminiert werden konnten. Ein Beispiel bietet die Abnahme der Luftfeuchtigkeit und -Temperatur mit der Höhe. Sofern man hier die Zustände in freier Atmosphäre versteht, kommen nur Drachen- und Ballonbeobachtungen in Frage; diese verteilen sich aber nicht regelmässig über den Tag und das Jahr. Kennt man aber angenähert die Funktion, welche diese Elemente von der Höhe sind, so kann man durch den Koeffizientensatz aus den harmonischen Konstituenten der Lufttemperatur und -Feuchtigkeit an der Erde die Variationskorrektion für jede Höhe berechnen. Für die Luftfeuchtigkeit hat Süring[1]) eine empirische Exponentialformel berechnet, während der Bearbeiter der Lufttemperaturmessung des Ballonwerkes, Berson, auf eine analoge Darstellung verzichtet hat, da für ihn die sonst so berechtigte Anschauung massgebend war, dass eine solche Formel nur eine rechnerische Darstellung wäre.

Allgemeine Bedeutung. Der Satz führt zu einer allgemeinen, zusammenhängenden Theorie der periodischen Erscheinungen auf unserer Erde. Hätte z. B. die Temperatur einen solaren und einen terrestrischen Anteil, so würden sehr viele von ihr abhängige sekundäre Elemente diese Natur ebenfalls haben, nämlich dann, wenn auch die anderen in Betracht kommenden primären Elemente entsprechend zusammengesetzt sind.

Die Grenzen der Gültigkeit. Falls ein sekundäres Element von einem primären in einem höheren Grade, also nicht linear abhängig ist, etwa vom Grade k, so muss für die Reihenentwicklung gesetzt werden $\varphi(t) = x_m^k$, worauf man den Koeffizientensatz wieder anwenden kann. Ferner müssen der Voraussetzung nach die x_m voneinander unabhängig sein, und es ist drittens nötig, dass äussere Kräfte auf $f(t)$ nicht direkt wirksam sind, d. h. es dürfen nur sogenannte gezwungene oder nur freie Wellen auftreten, was alles im Einzelfall zu untersuchen ist.

1) Wiss. Luftfahrten d. Vereins für Luftschiffahrt 3.

Analogien aus der reinen Physik. Der ausgedehnten Verwendung trigonometrischer Reihen in der Physik entsprechend, werden sich eine Menge Analogien zu der Anwendung des Koeffizientensatzes in der Physik finden lassen. Hier seien jedoch nur zwei Fälle erwähnt. Den einen bildet der Satz von Poisson, wonach das n_{te} Kugelfunktionsglied eines Potentials einem proportionalen des induzierten entspricht. Der andere ist der von C. H. Wind[1]) in dieser Zeitschrift entwickelte, der davon handelt, die Energie in einem Punkte P darzustellen aus der Erregung in der Quelle Q. Es ist nämlich seine Formel

$$\omega_n \alpha_n \sin\left[n \frac{\pi(t-t_p)}{T} + x_n\right] = c_m u_n \sin(U_n + nt).$$

Ein Unterschied besteht nur darin, dass ω_n in der Art, wie es hier zur Anwendung kommt, eine Funktion der instrumentellen Daten und damit eine Funktion von n wird, da gezwungene Wellen auftreten. Sonst müsste ω und das daraus abgeleitete Ω für alle Wellen nach einer Komponente gleich sein, d. h. dieselbe Funktion sein, mit der ein Impuls sich in dem Medium fortpflanzen würde. Es liegt, wie gesagt, hier nur eine Analogie vor, die mir aber interessant genug erschien, sie zu erwähnen. Der wesentliche Unterschied gegen die hier besprochenen Fragen der Geophysik beruht darin, dass die Erregung in Q jede beliebige Form besitzen kann und durchaus nicht in jedem Zeitintervall gleich, periodisch oder harmonisch zu sein braucht.

Auch bei geophysikalischen Fragen wird es immer nötig sein, zu untersuchen, ob die Bedingungen des jeweiligen Problems nicht die Grenzen der Gültigkeit des Satzes überschreiten, wie man denn überhaupt bei der Anwendung Fourierscher Reihen auf diesem Wissensgebiete vorsichtig und kritisch verfahren soll, dann aber auch in ihnen ein Hilfsmittel findet, das eine grosse Leistungsfähigkeit besitzt.

1) 2, 189—196, 1900.

Potsdam, Magnetisches Observatorium.

(Eingegangen 1. März 1901).

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

E. Warburg, Die Hysteresis. 23 Seiten.

In der historischen Einleitung erörtert der Verfasser die verschiedenen Arten der bisher erforschten Hysteresiserscheinungen. Als Deformationshysteresis bezeichnet er die von Thomson 1879 entdeckte Thatsache, dass durch wachsende Torsion mehr Magnetismus verschwindet, als durch abnehmende wieder gewon-

nen wird und die analogen umgekehrten Erscheinungen; als Feldhysteresis die vom Verfasser aufgefundene und von Ewing etwas später unabhängig gleichfalls erkannte Wirkung, dass bei steigender Feldstärke in einem Eisenstück das magnetische Moment kleiner ist als bei fallender; endlich als Temperaturhysteresis die von Hopkinson aufgedeckte Thatsache, dass bei Erhitzung gewisse Legierungen ihren Magnetismus bei bestimmter Temperatur verlieren und bei Abkühlung dann minder magnetisch sind, als sie es bei gleicher Temperatur während des Erwärmens waren, bis sie bei einer bestimmten tiefen Temperatur wieder die ursprüngliche Susceptibilität annehmen. Im folgenden werden die Erscheinungen der Feldhysteresis behandelt.

Als Definition kann der Satz gelten, Hysteresis ist vorhanden, wenn, während eine Variable x sich ausserordentlich langsam einfach stationär cyklisch ändert, eine Eigenschaft y zwei bestimmte Werte liefert, die einem einzelnen x entsprechen.

Zwischen Feldstärken von 0,0004 und 0,04 C.G.S. giebt es nach den Versuchsresultaten von Rayleigh und anderen Forschern keine Hysteresis.

Von der Feldstärke $\mathfrak{H} = 0.04$ C. G. S. bis zu einem von der Natur des Eisens abhängigen Werte lässt sich in schwachen Feldern die maximale Magnetisierung in der Form schreiben

$$\mathfrak{J}' = \alpha\,\mathfrak{H}' + \beta\,\mathfrak{H}'^2 \quad (\mathfrak{H}' \text{ Maximalfeldstärke.})$$

Für den ansteigenden Ast gilt dabei

$$\mathfrak{J}_1 = \alpha\,\mathfrak{H} + \beta\,\mathfrak{H}'^2\left[1 - \tfrac{1}{2}\left(1 - \frac{\mathfrak{H}}{\mathfrak{H}'}\right)^2\right],$$

für den absteigenden

$$\mathfrak{J}_2 = \alpha\,\mathfrak{H} + \beta\,\mathfrak{H}'^2\left[-1 + \tfrac{1}{2}\left(1 + \frac{\mathfrak{H}}{\mathfrak{H}'}\right)^2\right].$$

Der Hysteresisverlust ist für einen Umlauf dann

$$E = \int_{-\mathfrak{H}'}^{+\mathfrak{H}'} \mathfrak{J}\, d\,\mathfrak{H} = \tfrac{4}{3}\,\beta\,\mathfrak{H}'^3.$$

Für stärkere Felder hat man keinen analytischen Ausdruck für die Hysteresiskurve. Bei graphischen Darstellungen trägt man gewöhnlich die Kurven $\mathfrak{B} - \mathfrak{H}$ auf. ($\mathfrak{B}$ magnetische Induktion.) Für den Hysteresisverlust gilt dann

$$E = \frac{1}{4\pi}\int \mathfrak{B}\, d\,\mathfrak{H}$$

und in grober Annäherung kann $\int \mathfrak{B}\, d\,\mathfrak{H} = 4\,C\mathfrak{B}'$ ($\mathfrak{B}'$ maximale magnetische Induktion, C Koerzitivkraft) gesetzt werden.

Die wichtigsten experimentellen Bestimmungsmethoden sind die ballistische (Rowland, Ewing, Hopkinson u. s. w.) und die magnetometrische. In der Praxis findet die Jochmethode von Hopkinson die meiste Anwendung. Apparate zur automatischen Aufzeichnung von Hysteresiskurven rühren von Ewing und Angström her.

Die physikalischen Verhältnisse, welche die Resultate beeinflussen, sind mehrfacher Art. Zunächst erhält man konstante Resultate in der Regel erst nach wiederholtem Durchlauf des Cykel. In schwachen Feldern vermag auch die magnetische Nachwirkung die Resultate zu beeinflussen. Ferner vermindern Erschütterungen während der Magnetisierung die Hysteresis und es ist auch nicht gleichgültig, ob die Feldänderung langsam oder plötzlich vorgenommen wird. Rasche Änderungen wirken wie mechanische Stösse. Schliesslich erzielt man noch einen den Erschütterungen entsprechenden Effekt dadurch, dass man während der Magnetisierung einen zirkular magnetisierenden Strom passieren lässt.

Zur Charakterisierung einer Eisensorte vom magnetischen Standpunkt wäre es erforderlich, ausser der chemischen Analyse die sämtlichen physikalischen Vorgänge, die das Material durchgemacht hat, anzuführen, was praktisch exakt nicht durchführbar erscheint. Besonders zu erwähnen wäre noch, dass nach Mordey in Transformatoren der Hysteresisverlust E mit der Zeit zunimmt, wie wenn das Eisen härter würde. Von Verunreinigungen kommen hauptsächlich C, P, Si, Mn und S in Betracht. Eine geringe Beimengung von Phosphor scheint schädigender zu wirken, als eine solche von Kohle. Unmittelbar nach Ausglühen ist E stark vermindert. Für Stahl zeigt sich nach S. Curie Zunahme der Koerzitivkraft mit steigendem Kohlenstoffgehalt bis zum Gehalt von 1.2 Prozent. Nickel zeigt ähnliches Verhalten wie Eisen.

Bezüglich des Einflusses der Erhitzung sind permanente und temporäre Wirkung auseinanderzuhalten. Nach Kunz vermindert sich E mit steigender Temperatur beträchtlich; nach Morris zwischen 0^0 und 200^0 proportional der Temperatur. Fleming und Dewar fanden dagegen E für schwedisches Eisen zwischen 15^0 und -185^0 unabhängig von der Temperatur. Für Stahl sind die Verhältnisse komplizierter Natur.

Die Frage, ob der Hysteresisverlust im Innern eines Elektromagneten, der durch Wechselstrom gespeist wird, von der Wechselzahl abhängt, und ob er per Umlauf äquivalent dem Flächeninhalt der Kurve ist, die durch magnetostatische Messung zwischen denselben Feldgrenzen erhalten wird, wurde zuerst vom Verfasser und L. Hoenig in Angriff genommen, später von Weihe, Klemenčič, Wien u. A. fortgesetzt, ist aber noch nicht als erledigt anzusehen.

Rotiert eine Eisenmasse im Felde, so wechseln Richtung und Intensität der magnetisierenden Kraft cyklisch. Die Hysteresis bewirkt dann eine Ablenkung der Richtung der Magnetisierung im Sinne der Rotation. Die Verschiebung ergab sich bei den Versuchen von Martens mit horizontalen Scheiben, welche im Erdfeld

rotieren, unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit zwischen 2.5 und 200 Umdrehungen per Sekunde. Baily fand bei weichem Eisen innerhalb eines rotierenden Elektromagneten die bemerkenswerte Thatsache, dass der entsprechende Hysteresisverlust bei $\mathfrak{B}' = 17{,}000$ ein Maximum von 16000 *Ergs* per Cykel erreichte und dann rasch mit steigender Induktion abnahm, so dass er bei $\mathfrak{B}' = 20{,}000$ kaum mehr 2000 betrug.

Zur Erklärung der Hysteresiserscheinungen führte Ewing die Vorstellung ein, dass, unabhängig von irgendwelchen Reibungserscheinungen der Molekularmagnete, es für eine Gruppe von Magneten mehrere stabile Gleichgewichtslagen geben könne, von denen die einen M dem magnetischen Zustand, die anderen N dem unmagnetischen angehören. Naturgemäss geht das System von einer stabilen Gleichgewichtslage in eine andere durch eine instabile hindurch; wenn also die Gruppe unter dem Einfluss des Feldes von einer Position N zu einer Nachbarposition von M geht, und wenn man dann das Feld unterbricht, so hat die Gruppe, welche die Position M annimmt, permanenten Magnetismus erworben.

In einem Temperaturintervall zwischen 700° und 870° verliert das Eisen seine magnetische Eigenschaft; man nennt dieses Intervall das kritische. Am eingehendsten hat sich mit der Frage der durchgreifenden Änderungen der hysteretischen Erscheinungen, die durch physikalische Behandlung, wie das Härten oder die Erwärmung, hervorgerufen werden, Osmond befasst. Man darf nach diesem Forscher annehmen, dass beim Härten des Stahls die Transformation, welche im kritischen Intervall beim Erhitzen eingetreten ist, bei der plötzlichen Abkühlung nur teilweise verschwindet, so dass gehärteter Stahl als eine Mischung von magnetischem und unmagnetischem Eisen aufzufassen wäre.

Vom physikalischen Standpunkte muss nach Weber angenommen werden, dass im magnetischen Eisen die Teilchen anders gelagert sind als im unmagnetischen, dass also zwischen der molekularen Konstitution in beiden Fällen ein Unterschied vorhanden ist. Vom chemischen Gesichtspunkt muss betont werden, dass Eisen die Fähigkeit, sich härten zu lassen, erst durch Beimengungen (*C*, *Mn*, *W* u. s. w.) annimmt, deren Einfluss sich nach Osmond dahin geltend macht, dass die Verwandlung von unmagnetischem Eisen in magnetisches erschwert wird.

Ob die Anwesenheit fremder Körper im Eisen unumgänglich nötig für die Hysteresiserscheinungen ist, lässt sich mit Rücksicht auf den ausserordentlich grossen Einfluss sehr geringer Beimengungen, die bisher nie vermieden werden konnten, nicht entscheiden.

An diese Abhandlung schliesst sich ein Anhang über die Verwandlungen des kohlenstoffhaltigen Eisens von J. H. van't Hoff, 4 Seiten.

St. Meyer (Wien).

(Eingegangen 16. Januar 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

E. Warburg (Berlin), Die Hysteresis.

Der Vortrag entsprach dem Inhalte nach dem vorstehend referierten Berichte auf dem internationalen Physikerkongress zu Paris.

Diskussion.

Benischke (Berlin). Im Anschluss an dieses Referat möchte ich kurz das Ergebnis einer Untersuchung mitteilen, welche gezeigt hat, dass die Hysteresis eines Eisenkernes, der durch einen Wechselstrom magnetisiert war, von der Kurvenform des Wechselstromes abhängig ist. Zu den Versuchen wurde eine flache, eine spitze, und eine sinusartige Kurve angewendet, und die Klemmenspannung der Magnetisierungsspule wurde so eingestellt, dass die grösste Magnetisierung in allen drei Fällen dieselbe war ($B = 10000$). Es hätte also die Materialkonstante des Steinmetzschen Gesetzes ($\eta \cdot B^{1,6}$) in allen drei Fällen als gleich herauskommen sollen. Es zeigte sich aber, dass dies nicht der Fall ist, und es lässt sich eine Abhängigkeit des η von dem sogenannten Scheitelfaktor der Kraftlinienkurve feststellen. Unter Scheitelfaktor ist das Verhältnis des Scheitelwertes (der Amplitude) zum geometrischen Mittelwerte (dem effektiven Werte) der Kurve zu verstehen, der für die Technik in erster Linie in Betracht kommt. — Die Untersuchung wurde so ausgeführt, dass der in einem Eisenkörper auftretende Wattverbrauch durch ein Wattmeter bei verschiedenen Periodenzahlen gemessen wurde. Es lässt sich dann aus der Gleichung für den gesamten Wattverbrauch

$$A = \eta \cdot n \cdot B^{1,6} + \beta \cdot n^2 \cdot B^2,$$

wobei n die Periodenzahl und das letzte Glied den auf die Wirbelströme entfallenden Wattverbrauch darstellt, die Materialkonstante η bestimmen. Wenn die Magnetisierung immer die gleiche ist, und trotzdem verschiedene Werte für η herauskommen, so folgt, dass die Hysteresis von der Geschwindigkeit der Änderungen abhängen muss.

Quincke (Heidelberg). Wie verhält sich elektrolytisches Eisen? Wie reines Eisen? Oder sind da auch noch fremde Substanzen drin?

Warburg. Osmond hat elektrolytisches Eisen untersucht, und dieses enthielt Kohle [contrairement aux prévisions ce fer électrolytique s'est trouvé contenir un peu du carbone (0.08 auf 100). M. Fresnard, Transformations du fer et du carbone 1888, S. 25]. Ich habe keine Erfahrung darüber. In der Litteratur finde ich weiter nichts.

Quincke. Ich kann nicht verstehen, wie in elektrolytisches Eisen, das man aus einer Lösung ohne Kohle abscheidet, Kohle hinein kommt.

M. Wien (Aachen). Es ist, soviel ich weiss, eine Kommission zur Untersuchung der Hysteresis eingesetzt. Kann darüber vielleicht jemand Auskunft geben?

Benischke. Die Hysteresiskommission des Verbandes deutscher Elektrotechniker hat bisher noch keine Beschlüsse gefasst, da die zu lösenden Fragen keineswegs einfach sind. Es ist aber wahrscheinlich, dass zur Eisenuntersuchung die Wattmetermethode gewählt werden wird, da die ballistischen Methoden zu umständlich und die Jochmethoden wegen der Schwierigkeit, gleichartige Probestücke herzustellen, namentlich wenn es sich um Eisenblech handelt, zu wenig verlässlich sind. Die Wattmetermethode ist sehr einfach und erfordert nicht einmal ein richtig geaichtes Wattmeter, weil die Wattmeterkonstante bei der Bestimmung der Materialkonstante η herausfällt.

M. Wien. Ich glaube auch, dass alle diese Versuche an geschlossenen Eisenringen gemacht werden müssen.

W. Wien (Würzburg). Ich erinnere mich einer Notiz von Beetz aus früheren Jahren über kohlehaltiges elektrolytisches Eisen.

Rellstab (Braunschweig) fragt Benischke, ob er die Wechselzahl variiert hat: Der Hysteresisverlust ist eine Funktion der Zeit. Nun gelten zwar die Hysteresisverluste in sehr weiten Grenzen als unabhängig von der Wechselzahl; aber es wäre wichtig dies auch hier festzustellen. Wenn man die Abhängigkeit des Hysteresisverlustes von den verschiedenen Schwingungszahlen darstellt, kommt man vielleicht zu übersichtlichen Resultaten.

Benischke. Die Wattmetermethode erfordert, dass man innerhalb der zur Messung herangezogenen Polwechselzahlen von diesen unabhängig ist, sonst ist sie überhaupt nicht anwendbar. Sie besteht bekanntlich darin, dass man den genannten Eisenverlust bei zwei möglichst weit auseinanderliegenden Polwechselzahlen misst. Man hat dann zwei Gleichungen, aus denen man die Hysteresiskonstante η und die Wirbelstromkonstante β ausrechnen kann. Es ist also Voraussetzung, dass die Konstanten innerhalb dieser Grenzen von der Polwechselzahl unabhängig sind. Natürlich muss die Geschwindigkeit der Magnetisierung eine Rolle spielen. Aber wenn in der Sekunde n-mal solche Kreisläufe stattfinden, so muss die Hysteresis n-mal so gross werden. Ich glaube, Herr Rellstab hat angespielt auf die Oberschwingungen. Ich bemerke, dass meine Kurven nur aus zwei Gliedern bestanden. $A \sin(pt) + B \sin(3pt)$ ist die Gleichung der flachen Kurve. Bei der spitzen Kurve steht statt des + ein —, und die dritte ist eine Sinuskurve.

Wind (Groningen). Schon Ewing hat versucht, den Übergang von magnetischem zu unmagnetischem Eisen dadurch zu erklären, dass die Verkettung der Molekularbewegung aufgebrochen ist bei hoher Temperatur, so dass da die Erscheinungen des permanenten Magnetismus wegfallen müssen. Ich möchte Herrn Warburg fragen, wie weit diese Erklärung ausreichen könnte.

Warburg. Sie haben mich vielleicht nicht ganz richtig verstanden, oder ich habe mich schlecht ausgedrückt. Bei unmagnetischem Eisen, sagte ich, bilden sich vielleicht Ketten.

Wind stellt, unterbrechend, fest, dass er denn auch „Gruppierung", nicht „Verkettung" meint.

Warburg. Ewing nimmt an, dass die Molekularmagnete rotieren, und darum soll der Magnetismus verschwinden.

Wind. Wie aber, wenn man sich vorstellt, dass die Molekularbewegung überhaupt eine lockernde Wirkung auf die Molekülgruppen ausübt? Sie wird dann, bei nicht zu hohen Temperaturen wenigstens, die Fähigkeit der Molekülgruppen erhöhen, sich unter dem Einfluss einer induzierten magnetischen Kraft in stärker polarisierte Gruppen zu verwandeln, und zwar um so mehr, je kräftiger sie selber schwingen, je höher also die Temperatur ist. Muss dann aber nicht auch eine Temperaturgrenze existieren, oberhalb deren, eben durch die Heftigkeit der Molekularbewegung, praktisch jede permanente Molekülgruppierung und auch jede permanente Polarisierung von Molekülgruppen unmöglich wird?

Warburg. Diese ganze Gruppengeschichte ist nicht nötig, um den Magnetismus zu erklären, sondern die Hysteresis. Aber bei sehr hoher Temperatur verschwindet nicht nur die Hysteresis, sondern auch der Magnetismus.

(Von den Beteiligten durchgesehenes Stenogramm von B. Borchardt.)

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 25. 23. März 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilung über Versuche mit hohen elektrischen Widerständen.[1])

Von O. N. Rood.

In einer vor kurzem im „American Journal of Science“ (Okt. 1900) erschienenen Abhandlung wurde nachgewiesen, dass geschlossene Röhren aus weichem deutschen Glase von einer Länge von 1,3 m die Elektrizität ziemlich gut leiten, wenn man ein Potential von 12000 Volt anwendet. Das benutzte Elektrometer bestand aus einem völlig isolierten Goldblatt, welches von einer Metallplatte, deren Entfernung von dem Goldblatte mit Hilfe einer Mikrometerschraube passend eingestellt wurde, angezogen wurde. Die Zeit, welche die Elektrizität gebrauchte, um die Röhren zu durchwandern, schwankte zwischen 1—2 Sekunden bis mehreren Minuten. Mit Hilfe dieses Elektrometers und neu konstruierten Widerständen ergab sich, dass unter gewissen Bedingungen der Widerstand einer 27 cm langen geschlossenen Röhre aus weichem deutschen Glas 250000 Megohm betrug. In diesem Falle wurde ebenso wie in allen anderen, wo exakte Messungen angestellt wurden, nur ein Potential von 110—112 Volt benutzt. Eine 1 m lange seidene Schnur leitete die Elektrizität ganz gut, indem sich das Elektrometer jedesmal in ungefähr 1 Sekunde lud und entlud. Ein Paraffin-Papierstreifen von 1 m Länge nahm in ungefähr 15 Minuten dasselbe Potential an. Ein Stück von diesem Paraffinpapier von 132 mm Länge besass einen Widerstand von 300000 Megohm. Glimmer besitzt einen 60 mal grösseren Widerstand als dieses Paraffinpapier. Jod, Guttapercha und schwarzer Siegellack leiten schlecht bei trockenem Wetter, ja Ebonit scheint bei trockenem Wetter überhaupt nicht zu leiten, während bei feuchtem Wetter der Widerstand nicht allzu gross ist, nämlich bei einer Länge von 17 mm nur 500 Megohm. Die Leitfähigkeit von Guttapercha war ungefähr dieselbe, nur gewöhnliches Harz besass auch bei feuchtem Wetter einen grossen Widerstand. Bei einem Versuch gab ein Stückchen Harz von 9 mm Länge, als das Hygrometer 78^0 zeigte, 1,500000 Megohm.

Seit Anstellung dieser Versuche ist es mir gelungen, eine aufeinanderfolgende Reihe von Widerständen von einem Paar Tausend Megohm bis zu mehreren Millionen zu konstruieren. Soweit sich bis jetzt überblicken lässt, sind sie ziemlich konstant, doch darf kein einzelner Widerstand öfter als einmal am Tage benutzt werden. Für den praktischen Gebrauch ist dies ohne Belang, da das Elektrometer konstant während mehrerer Stunden bleibt, selbst wenn es von Tag zu Tag etwas variieren sollte.

Im zweiten Teil meiner Abhandlung soll die Methode der Herstellung der Einheiten und ihre Benutzung beschrieben werden.

(Eingegangen 20. Januar 1901.)

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

1) Ausführlich in The Americ. Journ. of Science **10**, 285, 1900.

Der Zeeman-Effekt.[1])

Von H. Reese.

Für die Untersuchung wurde ein Spektroskop mit einem Konkavgitter benutzt. Die Einzelheiten der Anordnung waren die gewöhnlichen. Das Gitter enthielt 15000 Linien auf den engl. Zoll und seine parallelen Risse erstreckten sich über $5^3/_4$ Zoll. Der Krümmungsradius betrug 13 Fuss 3 Zoll. Das zweite und dritte Spektrum wurden benutzt. Ein starker Elektromagnet lieferte das Feld, welches bis 28500 C. G. S.-Einheiten betrug. Die Lichtquelle bestand stets aus einem

1) Ausführlich in The Astrophys. Journal **12**, 120, 1900.

elektrischen Funken, welcher in Luft zwischen Elektroden des Metalls übersprang, dessen Spektrum untersucht werden sollte. Die Spektren wurden photographiert und zwar wurden die Negative mit Hilfe einer genauen Teilmaschine ausgemessen. Die Arbeit wurde im Physikalischen Institut der Johns Hopkins Universität unter der Leitung der Professoren Rowland und Ames ausgeführt.

Um zu entscheiden, ob die Auseinanderzerrung der Linien direkt proportional der Feldstärke ist, wurde zunächst eine Reihe von Versuchen mit den Kadmiumlinien 4678.37, 4800.09, 5086.06 und den entsprechenden Gruppen in den Spektren von Magnesium und Zink angestellt. Eine Reihe von Negativen wurde aufgenommen, von denen jede diese neun Linien bei verschiedenen Feldstärken enthielt. Es ergab sich, dass in allen diesen Gruppen die Trennung der Seitenkomponente der brechbarsten Linie genau proportional der Feldstärke innerhalb der Versuchsfehler ist, während für die mittlere und noch deutlicher für die am wenigsten brechbare Linie die Trennung porportional der Feldstärke ist für schwache Felder und weniger stark zunimmt, wenn das Feld sehr intensiv wird. Prof. Preston hat darauf hingewiesen, dass eine interessante Beziehung zwischen den korrespondierenden Linien in diesen Gruppen in Bezug auf den Charakter und das Mass des magnetischen Einflusses besteht; die brechbarste Linie ist nämlich in jeder Gruppe ein scharfes Triplet, und besitzen die drei Komponenten einen gemeinsamen Wert für den Ausdruck $\frac{\Delta\lambda}{H\lambda^2}$ — die mittleren Linien bilden ein Sextuplet mit einem anderen Wert für diesen Ausdruck — und die am wenigsten brechbaren Linien sind diffuse Triplets, welche einen dritten Wert für diesen Ausdruck besitzen.

Alle diese Linien sind natürlich auf der einen Seite nicht scharf und diese Unschärfe bleibt, wenn die Linie aufgelöst wird; doch wird die Linie schärfer, je intensiver das Feld ist. Ein ähnlicher Einfluss wurde auch bei anderen Linien wahrgenommen.

Eine Anzahl von anderen Linien wurde in den Spektren von Magnesium, Kadmium, Zink, Eisen, Nickel, Titan, Kohlenstoff, Calcium, Aluminium, Silicium und Quecksilber beobachtet. Obwohl die meisten Linien in Triplets aufgelöst wurden, so war der Betrag der Trennung bei einer gegebenen Feldstärke doch sehr verschieden, selbst bei sehr nahe bei einander liegenden Linien, die von demselben Elemente herrührten. Einige Linien, z. B. die der Hauptkohlenstoffbande wurden überhaupt nicht beeinflusst, während andere sich in sehr verwickelte Gruppen auflösen. Hierhin gehört beispielsweise die Magnesiumlinie 3832.45. In einem starken Feld hat sie fünf (oder sogar sechs) Komponenten, d. h. eine sehr intensive Linie oder zwei Linien in der Mitte, welche zu beiden Seiten von je zwei Linien begleitet ist, von denen die äussersten sehr schwach sind. Diese beiden äussersten lichtschwachen und die mittlere Linie sind polarisiert in einer Ebene, welche parallel den Kraftlinien liegt, die anderen dagegen in einer zu den Kraftlinien senkrechten Ebene. In einem Felde von 28500 C. G. S.-Einheiten beträgt die Entfernung zwischen den äussersten Komponenten 0,598 *A. E.*, zwischen den parallel den Kraftlinien polarisierten 0,228 *A. E.*

Die Nickellinien 3597.8, 3610,6 und 3613.8; die Eisenlinien 3722,72, 3872.64, 3466.0, 3475,6 und 3490.7; die Aluminiumlinie 3944 und die Calciumlinie 3968 erscheinen als Quadruplets in einem intensiven Felde.

Die drei Linien des Eisenspektrums 3587.13, 3733.47 und 3865.67 zeigen eine eigenartige Polarisationserscheinung. Die innere Komponente ist parallel den Kraftlinien polarisiert, die äusseren senkrecht dazu, also gerade umgekehrt wie gewöhnlich. Dies wurde zuerst von Becquerel und Deslandres beobachtet.

Verschiedene Fälle von Asymmetrie in Bezug auf Intensität und Lage wurden beobachtet nämlich:

1. Beim Eisen-Quadruplet 3466.0 liegt das Mittel der inneren Komponenten ein wenig mehr nach dem Rot zu, als das Mittel der äusseren.

2. Beim Triplet 4678.37 des Kadmiums und 4680.38 des Zinks liegt die violette Komponente weiter von der mittleren Linie entfernt als die rote Komponente in einem Feld von 24100 Einheiten. In einem Feld von 26580 sind sie gleichweit entfernt.

3. Bei dem Sextuplet 4800.09 von Kadmium und 4722.26 von Zink liegt das Mittel der inneren Komponenten ein wenig mehr dem Violett zu, als das Mittel der äusseren in einem Feld von 24100 Einheiten, während in einem Feld von 26580 die ganze Gruppe symmetrisch wird.

4. Was die Intensität der obigen Linien von Kadmium und Zink, ferner der Linie 5086.06 des Kadmiums, der Zinklinie 4810.71 und der Magnesiumlinien 5167.55, 5172.87, 5183.84 anbetrifft, so scheint die rote Komponente in schwachen Feldern intensiver zu sein als die violette. Dasselbe gilt für die Eisenlinien 3743.15, 3581,135, 3570.27, 3526.18 und 3878.15. Ich habe niemals das Umgekehrte beobachtet, dass die violette Komponente intensiver war als die rote.

Verschiedene der oben beschriebenen Fälle der Asymmetrie sind schon von Zeeman beobachtet worden. Sie stimmen im wesentlichen

mit den theoretischen Betrachtungen von Voigt überein.

Lick Observatorium. Universität von Californien.

(Eingegangen am 9. Februar 1901.)

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

Ein Draht-Unterbrecher.

Von K. Honda und S. Shimizu.

Der Draht-Unterbrecher ist eine Modifikation von Papin's Interruptor. Ein Kupfer- oder Aluminiumdraht (Fig. 1) wird horizontal gespannt;

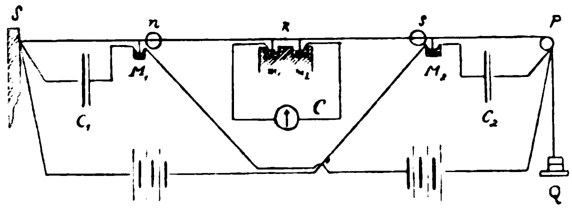


Fig. 1.

das eine Ende desselben wird bei S befestigt, während das andere Ende über eine Rolle P geht und durch die Gewichte Q gestreckt wird. Der Draht wird in der Mitte bei R isoliert, so dass der Strom durch die Quecksilbernäpfe m_1 und m_2 in den Kreis C gelangt. Der Batteriestrom wird durch die Quecksilbernäpfe M_1 M_2 dem Stromkreis zugeführt. Das Vibrieren des Drahtes wird durch die gewöhnlichen oder Elektromagneten n und s unterhalten. Der Draht hat einen einzigen Knoten bei R. Im Stromkreis C wird der Wechselstrom erregt. Die Wechselzahl kann leicht durch Verändern der Länge oder der Spannung des Drahtes erhöht bez. erniedrigt werden. c_1 und c_2 sind zwei Kondensatoren von passender Kapazität, um Funken bei den Quecksilberkontakten M_1 M_2 möglichst zu vermeiden.

Um den Draht bei R zu isolieren, ohne seine Festigkeit zu zerstören, wird ein mit Seide besponnener Draht in zwei Teile zerschnitten und die Enden, wie Fig. 2 zeigt, so zusammen-

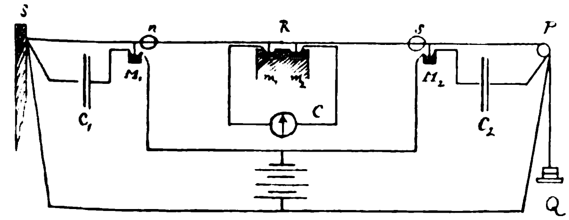


Fig. 2.

gewickelt, dass die Enden rechtwinklig nach unten gehen. Durch Umwickeln mit einer seidenen Schnur werden die beiden Drähte noch miteinander befestigt.

Es werden zwei Batterien benutzt. Sollen die Ströme nicht stark sein, so kann die Anordnung von Fig. 3 benutzt werden. Hierbei

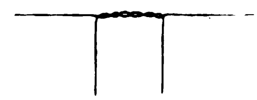


Fig. 3.

wird nur ein Teil des Stromes zur Erzeugung des Wechselstroms benutzt.

Ist die Spannung des Drahtes nicht zu gross, so unterscheidet sich die Anzahl der Schwingungen höchstens um 1% von der mit Hilfe der bekannten Formel für die Anzahl der Schwingungen einer an beiden Seiten befestigten Saite berechneten. Es liessen sich leicht 30 bis 1000 Schwingungen in der Sekunde herstellen.

Tokio, Physikal. Institut.

(Eingegangen 2. Februar 1901.)

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

Über den elektrischen Widerstand der reinen Metalle.

Von Edm. van Aubel.

Unter den Arbeiten, welche über den elektrischen Widerstand der reinen Metalle bei verschiedenen Temperaturen veröffentlicht worden sind, enthalten diejenigen von Matthiessen und die von James Dewar und J. A. Fleming[1]) eine grosse Anzahl von Resultaten, welche oft als Vergleichsdaten angeführt werden.

Ich nehme mir nur vor, die Schlüsse der beiden englischen Gelehrten hinsichtlich des Zinns, des Kadmiums und des Nickels zu prüfen.

Im Jahre 1892 haben die Herren James Dewar und J. A. Fleming reinem gewalzten Zinn einen Widerstand von 9,609 Mikro-Ohm-Centimeter bei 0,8° C. zugeschrieben, während nach ihrer im Jahre 1893 erschienenen Arbeit reines Zinn, aber geschmolzen und in der Glühhitze komprimiert, einen Widerstand von 13,100 Mikro-Ohm-Centimeter bei 1° C. haben würde.

Dieselbe physikalische Konstante beträgt für reines zu einem Faden ausgezogenes Kadmium

1) Philosophical Magazine, (5), **34**, 326, 1892; **36**, 271, 1893; **45**, 525, 1898.

nach ebengenannten Autoren 10,023 Mikro-Ohm-Centimeter bei 0^0 C. mit einem mittleren Temperaturkoeffizienten 0,00419 zwischen 0^0 und 100^0 C. Benoit[1]) fand dagegen für das reine kalt gehämmerte Metall 6,85 Mikro-Ohm-Centimeter bei 0^0 C. und 0,00444 für den Temperaturkoeffizienten zwischen 0^0 und 100^0 C.

Nach O. Matthiessen und C. Voigt[2]) beträgt der spezifische Widerstand des reinen Nickels bei 0^0 C. 12,357 Mikro-Ohm-Centimeter, und J. Dewar und J. A. Fleming haben in ihren in den Jahren 1892 und 1893 veröffentlichten Abhandlungen die Resultate von Messungen gegeben, welche mit einer Spirale von reinem Nickel ausgeführt wurden, die aus einer Metallröhre in Windungen ausgeschnitten worden war. Letztere wurde dadurch erhalten, dass man Dämpfe von Nickelkarbonyl durch eine erhitzte Glasröhre gehen liess. Vor kurzem hat J. A. Fleming darauf aufmerksam gemacht, dass Nickelröhren, welche mittels Tetracarbonyl hergestellt wurden, zu zerbrechlich sind, um in Fäden ausgezogen zu werden und dass der Niederschlag der Substanz ihre Reinheit jedenfalls beeinträchtigt haben würde. Die vorher beobachtete Nickelspirale, deren Dimensionen nicht genügend gleichförmig waren, könnte daher einzig dem Studium der Veränderung des elektrischen Widerstandes mit der Temperatur genügen.

Es ist indessen gestattet, an der Genauigkeit dieser Behauptung des englischen, besonders auf dem Gebiet der Elektrizität bekannten Forschers zu zweifeln, denn die Kurve, welche nach den Resultaten der Messungen gezogen worden ist, die zwischen 0^0 und 100^0 C. von J. Dewar und J. A. Fleming 1893 angestellt wurden, zeigt in der Umgebung von 20^0 eine sehr starke Ausbauchung und ist ganz verschieden von derjenigen, welche die Werte der Widerstände liefern, die von denselben Autoren in ihrer Abhandlung 1892 gegeben worden sind.

Wie dem auch sei, J. A. Fleming hat in seiner neuen Arbeit ein Stück Nickel beobachtet, welches Herr J. W. Swan durch die Elektrolyse einer heissen, durchaus reinen Nickellösung hergestellt hatte. Das hierbei erhaltene Metall wurde durch ein Zieheisen ausgedehnt und in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas ausgeglüht. Der hierdurch erhaltene Faden war ebenso weich, wie ein solcher von Silber, er wurde an Kupferstäbe gelötet und auf einem passenden Rahmen zusammengerollt, um in das flüssige Gas getaucht zu werden. Er hatte einen spezifischen Widerstand, der beinahe halb so gross war, wie der, den man bisher nach Matthiessen[1]) dem Nickel zuschrieb, aber der Temperaturkoeffizient zwischen 0^0 und 100^0, welcher für den Faden aus elektrolytischem Nickel erhalten wurde, weicht nicht viel von dem ab, der 1893 bei der Spirale beobachtet worden war.

Folgende Tabelle gestattet, die verschiedenen spezifischen Widerstände untereinander zu vergleichen, ebenso die Temperaturkoeffizienten für reines Nickel, die J. Dewar und J. A. Fleming allein erhalten haben.

	Widerstände i. Mikro-Ohm-Centimeter	Temperaturkoeffizienten		
Nickel aus Nickelkarbonyl bereitet (Dewar und Fleming, loco citato, 1892)	12,350 bei $1,2^0$		0,004931 zwischen $1,2^0$ u. 20^0	0,005696 zwischen $1,2^0$ und $94,5^0$
Nickel aus Nickelkarbonyl gewonnen (Dewar und Fleming, loco citato, 1893)	12,402 bei $1,3^0$	0,0298 zwischen $-182,97^0$ u. $1,35^0$	0,01043 zwischen $1,3^0$ u. $18,7^0$	0,00635 zwischen $1,3^0$ und $90,35^0$
Elektrolytisch. Nickel (Fleming, loco citato, 1900)	6,935 bei 0^0	0,02074 zwischen $-182,5^0$ u. $2,35^0$	0,00583 zwischen $2,35^0$ und $21,3^0$	0,00618 zwischen 0^0 und 100^0

Die bedeutenden Abweichungen unter den verschiedenen Resultaten von J. Dewar und J. A. Fleming, die ich ehedem für Wismut und jetzt für Zinn und Nickel nachgewiesen habe, scheinen mir darzulegen, dass es mindestens unvorsichtig ist, Messungen mit einem auf einen Rahmen gewickelten und grossen Temperaturveränderungen ausgesetzten Faden zu machen. Es würden sich hier geradlinige Fäden empfehlen.

Es erscheinen demzufolge neue Untersuchungen nötig, um die elektrischen Widerstände dieser Metalle festzustellen und man ist vielleicht sogar berechtigt, sich zu fragen, ob die aufgedeckten Abweichungen nicht derart sind, dass sie die Hauptfolgerung der hier geprüften Abhandlungen, der elektrische Widerstand aller reinen Metalle konvergiere in der Nähe des absoluten Nullpunktes der Temperatur gegen Null[2]), in Frage stellen. Übrigens scheint dieser Schluss nicht gerechtfertigt zu sein, denn der elektrische Widerstand des Platins, des Silbers, des Kupfers und des Eisens müsste bezüglich der Tempera-

1) Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, Paris, **76**, 345, 1873.

2) Poggendorfs Ann. d. Physik, **118**, 144, 1863; und J. A. Fleming, Proceedings of the Royal Society, London, **66**, 50, 1900.

1) Archives des sciences physiques, Génève, (4), **4**, 1897.

2) Man weiss, dass die spezifische Wärme der reinen Metalle nicht nach Null konvergiert, wenn man sich dem absoluten Nullpunkt der Temperatur nähert. (W. A. Tilden, Proceedings of the Royal Society, London, **66**, No. 428, 246, 14. April 1900; U. Behn, Ann. der Physik, (4), **1**, 265, 1900.)

turen −258, −248,4, −223 und −223 Grad[1]) verschwinden.

1) B. Dessau, Neuere Untersuchungen über verflüssigte Gase und tiefe Temperaturen, diese Zeitschrift, **2**, 41, 1900.

(Eingegangen 20. Februar 1901.)

(Aus dem Französischen übersetzt von Frida Hansmann.)

Über rationelle Senderanordnungen für drahtlose Telegraphie.

Von F. Braun.

In dem Aufsatze „Funkentelegraphie und Elektrodynamik"[1]) bemerkt Herr Abraham anmerkungsweise, dass die elektromagnetische Strahlung von den Entladungskreisen Leydener Flaschen verschwindend klein sei gegenüber der eines einzigen, freischwingenden Drahtes und fügt hinzu: „Wie Herr Professor Braun in einem vor kurzem gehaltenen Vortrage mitteilte, werden diese Schwingungen jetzt gleichfalls mit Erfolg für die drahtlose Telegraphie verwandt. Hier wird ein weit geringerer Bruchteil der Schwingungsenergie für die Übertragung der Signale nutzbar gemacht; dafür scheint die Abstimmung eine vollkommenere zu sein."

Aus dieser Bemerkung schliesse ich, dass der Verfasser über meine Methoden nicht unterrichtet ist, was sich auch einfach daraus erklärt, dass ich bisher nur ganz gelegentlich etwas über dieselbe publiziert habe. Gerade aus diesem Grunde darf ich aber vielleicht in Kürze folgendes mitteilen:

Meine Anordnungen und ausgedehnte Versuche mit denselben sind nicht neueren Datums, sondern gehen zurück auf den Sommer 1898. Schon damals, als die allgemeine Auffassung dahin ging, dass Marconi mit Hertzschen, d. h. sehr kurzen Wellen arbeite, war meine Anschauung die, dass sein Sender eine Viertelwellenlänge darstelle.[2]) Nur so konnten, abgesehen von anderen Gründen, die aus der natürlichsten Auffassung des Ladungsvorganges sich ergeben, die Erfahrungen erklärt werden, dass mit zunehmender Senderlänge sich die Fernwirkungen steigerten.

Dies veranlasste mich, anschliessend an weitere Erwägungen, mit Wellen zu arbeiten, welche ganz unzweifelhaft grösser waren als Hertzsche, wenn man unter letzteren solche versteht, deren Länge den Dimensionen von Institutsräumen angepasst ist. Die ersten Versuche wurden angestellt mit geschlossenen Flaschenkreisen, um zu erfahren, ob der Kohärer bei seiner üblichen (Popoffschen) Schaltung auf dieselben anspreche. Diese Anordnungen ergaben ein positives Resultat, wurden aber bald verlassen und zwar mit aus den vorausgesehenen Gründen, welche auch Herr Abraham anführt.

1) Diese Zeitschr. **2**, 329, 1901.
2) Vgl. übrigens auch Ascoli, Beibl. **22**, 610, 1898.

Die Schaltungen, welche an ihre Stelle gesetzt wurden, sollten im Gegenteil möglichst starke Ausstrahlung bei reinen und — ein scheinbarer Widerspruch — möglichst schwach gedämpften Schwingungen erzeugen. Daher mussten sie den Bedingungen genügen, wie sie aus den Betrachtungen von Hertz[1]) sich ergaben, wie sie von Herrn Abraham unter anderen im vorstehenden Aufsatz dargelegt sind und gleichzeitig nach einer weiteren, welche von der theoretischen Behandlung bisher aus begreiflichen Gründen ausgeschlossen wird, welche aber praktisch eine sehr erhebliche Rolle spielt. Dies ist die Dämpfung der Schwingungen durch den Funken selber (das „inaktiv" werden der Schwingungen, wie sich Hertz, einfach den Thatsachen entsprechend, ausdrückte).

Die Dämpfung durch die elektromagnetische Ausstrahlung ist selbstverständlich gewollt und nicht auszuschliessen. Immerhin muss es das Ziel einer rationellen Anordnung sein, sie zu kompensieren.

Von diesen Gesichtspunkten aus ergaben sich zwei Möglichkeiten:

1. Man legt an einen in sich geschlossenen Flaschenkreis den offenen Sender an. Die grossen Kapazitäten des Kreises setzen die Dämpfung durch den Funken wesentlich herab. Sie liefern gleichzeitig dem Sender die ausgestrahlte Energie nach. Sollen dem Sender dabei erhebliche Energiemengen zugeführt werden, so sind am Kreise selber gewisse Bedingungen zu erfüllen, auf welche ich hier nicht eingehen will. Sie können u. a. erreicht werden, wenn man einen Punkt des Kreises an Erde legt, z. B. einen Punkt einer Selbstinduktionsspule, während an einem anderen der Sender anliegt, so dass dieser selber keine Funkenstrecke enthält. Für günstigste Wirkung muss selbstverständlich — trotz seiner starken Strahlungsdämpfung — der Sender in Resonanz zum Schwingungskreise stehen. Dabei wurden auch besondere Anordnungen der Flaschenkreise getroffen, welche gestatten die Funkendämpfung herabzusetzen und gleichzeitig ohne Änderung der Schwingungszahl die Schwingungsamplituden zu erhöhen.

2. Der Sender ist vom Schwingungskreise ganz getrennt. Er stellt einen ununterbrochenen Draht dar; sein unteres Ende ist zu einer Spirale gestaltet und in dieser werden induktiv die

1) Hertz, Ges. Abhandlungen **II**, 147, 1894.

Schwingungen aus dem primären Flaschenkreise erregt (elektromagnetische Koppelung). In dem ganz funkenlosen Sender können dann, nach der Schlagweite beurteilt, Potentialamplituden erzeugt werden von einer Höhe, wie sie bei den kleinen Kapazitäten des Senders, falls er eine Funkenstrecke enthielte, praktisch fast wertlos sein würden. Auch hier wird die ausgestrahlte Energie vom Primärkreis nachgeliefert. Resonanz zwischen Primär- und Senderkreis ist aber sehr wesentliche Bedingung. Selbstredend kann auch elektromagnetische Koppelung und elektrostatische (durch Influenz) kombiniert sein.

Beide Methoden liefern: 1. fast reine Sinusschwingungen (Folge der Resonanzen und der Anfangsbedingungen des Systems), 2. möglichst günstige Ausstrahlung und 3. trotz derselben eine möglichst wenig gedämpfte Schwingung. Die Erfahrung bestätigt die Aussagen der theoretischen Erwägung, und soweit ich bis jetzt ein Urteil aus direkter oder indirekter Erfahrung habe, darf ich die genannten Methoden — sowohl bezüglich Tragweite in die Ferne, als ihrer Aussichten für eine abgestimmte Telegraphie — als die besten, zur Zeit bekannten bezeichnen.

Strassburg, 5. März 1901.

(Eingegangen 8. März 1901.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Der heutige Standpunkt der Kohärerfrage.[1])

Von G. Schlabach.

Wie die Erscheinungen der galvanischen Polarisation, die zuerst nur als unangenehmes Hemmnis betrachtet werden konnte, eine reiche Quelle wissenschaftlicher und praktischer Erfolge waren, so ist auch der unerwünschte Kontaktwiderstand, den der elektrische Strom an der Berührungsstelle von starren Leitern erfährt, im letzten Jahrzehnt zu hoher physikalischer Bedeutung gelangt. Es dürfte daher angemessen sein, auch den älteren Forschungen dieser Richtung wieder Beachtung zu schenken und ihrem Wert nach Verdienst Rechnung zu tragen.

Wenn auch die Unbeständigkeit der losen Kontakte ihr experimentelles Studium sehr erschweren musste und die Gewinnung eines bestimmten Resultats fast illusorisch erscheinen liess, so liegt doch aus früheren Jahren eine Reihe von Untersuchungen vor, die sich neben der Berücksichtigung des Materials auf den Einfluss von Druck- und Temperaturänderungen oder auch auf die Bedeutung der Gasatmosphäre und Oxydschicht für den Widerstand unstetiger Leiter erstrecken.

Der älteste zusammenhängende Bericht dieser Art, der es wohl verdient, der Vergessenheit entrissen zu werden, ist im Jahre 1835 von Munk af Rosenschöld veröffentlicht worden (Litteraturverzeichnis am Schluss 23, 24). Die Versuche des schwedischen Physikers müssen deshalb als bedeutungsvoll bezeichnet werden, weil er als erster Vorläufer Branlys feststellen konnte, dass der Leitungswiderstand von Feilichtröhren durch den Entladungsschlag einer Leydener Batterie oder den Strom einer Voltaschen Säule beträchtlich erhöht, durch Erschütterung der Röhre aber wieder auf seinen ursprünglichen Wert gebracht wurde. Wenn diese Beobachtung in der wissenschaftlichen Welt damaliger Zeit keine Beachtung fand, so lag dies zum Teil daran, dass sie keiner praktischen Folgerung fähig schien; nicht minder dürfte auch der Umstand mitgewirkt haben, dass man, von der Theorie eines Übergangswiderstandes an sich befangen, in solchen Erscheinungen nichts Besonderes zu erblicken vermochte.

Erst ein halbes Jahrhundert später wurden wieder ähnliche Beobachtungen, die bereits das Wesentliche der Frittererscheinung vollständig enthalten, von dem Italiener Calzecchi veröffentlicht (26—28).

Die Versuche, eine praktische Verwertung des Kontaktwiderstandes zu erzielen, hatten nun doch verschiedentlich Erfolg aufzuweisen. So zunächst in einer von dem Engländer Varley konstruierten Blitzschutzvorrichtung, wo die Eigentümlichkeit gewisser Pulver, in glühendem Zustand ein guter Stromleiter zu sein, höchst sinnreich verwandt war (3), ferner in dem von Edison herrührenden Mikrotasimeter (8) und endlich in mehrfachen Arten von Kohlenrheostaten. Diese kleinen Ergebnisse müssen freilich ganz zurücktreten gegenüber dem fast gleichzeitig von Lüdtge und Hughes durchgeführten erfolgreichen Gedanken, die durch Schallwellen hervorgerufenen Widerstandsschwankungen zur Übertragung der Schallwirkung zu verwerten (9, 10). Dass der Erfinder des Mikrophons das Verhalten loser Kontakte gegen elektrische Einwirkungen nicht nur bemerkt, sondern sogar die hiermit in Beziehung stehende Thatsache der elektrischen Wellen mit Bewusstsein erfasst hatte, ist neuerdings zur allgemeinen Kenntnis gelangt (25). Wer nach alledem den

1) Vgl. die zu Ostern erscheinende Programmabhandlung des Verfassers „Über den elektrischen Leitungswiderstand loser Kontakte.“ Düsseldorf, 1901. Progr. No. 534.

Ruhm der ersten Entdeckung nicht mehr Branly zuerkennen will, der muss doch den Versuchen des französischen Gelehrten auf Grund ihrer vielseitigen Durchbildung eine hohe Bewunderung zollen. Wir müssen es uns versagen, hier dem interessanten Entdeckungsgang dieses Forschers zu folgen, um uns den im Vordergrund stehenden Fragen der Theorie zuzuwenden, wo noch immer das Rätsel des Kohärervorganges einer allseitig befriedigenden Lösung harrt. Dennoch ist die Thatsache mit Genugthuung zu begrüssen, dass gerade die deutschen Forscher bei der systematischen Untersuchung des schwierigen Problems in hervorragendem Masse beteiligt sind, hier, wie schon oft, den Erfolg praktischer Ausbeutung andern überlassend.

Als Fundament jeglicher Erklärung ist die wohl allgemein als richtig anerkannte Voraussetzung zu betrachten, dass die Ursache der Widerstandsabnahme in der Potentialdifferenz zu suchen ist, die an den Fritterelektroden durch die Induktionswirkung eines irgendwie erzeugten elektrischen Feldes hervorgerufen wird. Es bleibt dann einzig die Frage zu entscheiden, welche von den mannigfachen Begleiterscheinungen einer elektrischen Entladung die Erwerbung der Leitfähigkeit mit sich bringt. Die Fülle von Möglichkeiten, die auf dem mechanischen, chemischen, thermischen oder sonst irgendwelchem Gebiet liegen können, erklärt die Schwierigkeit einer Beantwortung, umsomehr, als das Geheimnisvolle des ganzen Vorganges keinen Stützpunkt für ein tieferes Eindringen nach einer bestimmten Richtung zu gewähren scheint.

Von der oben ausgesprochenen Voraussetzung ausgehend, wollen wir als erste Erklärungsmöglichkeit den namentlich von Preece verfochtenen Gedanken erwägen, ob in einer Lageveränderung der kleinen Feilichtpartikeln die Ursache des besseren Kontaktes zu erblicken sei. Dass eine gewisse Anordnung der leitenden Teilchen unter Umständen stattfinden kann, ist von Tommasina allerdings nachgewiesen worden (84). Durch die blosse Ordnung der Teilchen ist aber die Herstellung der Stromleitung noch nicht genügend erklärt; man müsste immer noch die Wirkung der Adhäsionskraft heranziehen, die einen so innigen Kontakt der Partikeln ermöglicht, dass die trennenden Oxydationsschichten der Oberflächen von dem Strome durchbrochen werden. Berücksichtigt man ferner die hohe Spannungsdifferenz, welche Tommasina zur Ausführung seines Versuches benötigt, so ist ohne weiteres klar, dass bei der Fritterwirkung selbst etwas Ähnliches nur in minimalem Massstabe eintreten und daher den Widerstand kaum in dem bekannten beträchtlichen Grade beeinflussen könnte. Die einfache Kettenbildung im elektrischen Felde darf daher höchstens als eine Sekundärerscheinung aufgefasst werden, welche mit dem eigentlichen Leitungsvorgang in keinem direkten Zusammenhang steht. Die Richtigkeit dieser Behauptung erscheint zweifellos, wenn man sich erinnert, dass vielfach auch da, wo eine Bewegungserscheinung ganz ausgeschlossen ist, die charakteristische Widerstandsabnahme ungehindert zu Tage tritt. So bei den festen Kuchenmischungen Branlys, wo die leitenden Teilchen in erstarrter Masse von Schwefel, Paraffin und dergleichen eingebettet liegen — oder auch bei allen Frittern, die an Stelle des Pulvers grössere Metallstücke aufweisen.

Sehen wir also von der Richtungstheorie als einer unhaltbaren Annahme ab, so möge an zweiter Stelle die mechanische Hypothese ins Auge gefasst werden, die von Professor Auerbach auf die Beobachtung gegründet wurde, dass die Schwingungen einer Stimmgabel einen losen Kontakt in ähnlicher Art beeinflussen können wie der elektrische Funke selbst (52). Wenn dies der Fall ist, so muss nach Auerbachs Auffassung ein elektrisches Feld — analog der Wirkung von Schallwellen — mechanische Pulsationen erzeugen, die hier nur in der periodischen Folge von Ausdehnung und Zusammenziehung der Kontaktstücke bestehen können und zu einer Zerreissung der trennenden Isolationsschichten führen müssen.

Obwohl die akustischeu Schwingungen als starke Einflüsse periodischer Wirkungsart gelten müssen, sind doch die hierdurch veranlassten Widerstandsänderungen bei weitem nicht so markant wie diejenigen eines elektrischen Funkens, so dass eine beiderseitige Verwandtschaft nicht ohne weiteres behauptet werden darf. Während die Feilichtröhren auf Schallschwingungen nur schwer ansprechen, lassen Zusammenstellungen aus grösseren Kontaktstücken die angegebene Erscheinung deutlich erkennen. So hat Auerbach selbst zu seinen akustischen Versuchen eine Reihe von Metallschräubchen oder mit weit besserem Erfolg einfach zwei grössere Metallkugeln benutzt. Die regelmässige Reaktion derartiger Vorrichtungen gegen periodische Impulse erscheint physikalisch durchaus naturgemäss; die Widerstandsverminderung selbst findet ihr Analogon in der früheren Beobachtung Boekmanns, dass ein mikrophonischer Kontakt während der Bewegung einen geringeren Widerstand bietet als während der Ruhe (14). Anderseits können, wie leicht verständlich ist, mechanische Erschütterungen den Berührungswiderstand wirr durcheinander liegender Feilichtkörnchen kaum in durchaus gleichartiger Weise beeinflussen, wohl aber geschieht dies mit fast absoluter Regelmässigkeit durch den elektrischen Funken. Die Annahme einer Beziehung zwischen den akustischen und elek-

trischen Wirkungen dürfte somit nicht aufrecht zu halten sein, selbst wenn keine entgegenstehende Beobachtung zu verzeichnen wäre, wie z. B. das von v. Gulik angegebene Experiment, wo zwei durch isolierende Ölschicht an der direkten Berührung gehinderte Quecksilbertropfen auf die geringste elektrische Einwirkung zum vollständigen Zusammenfliessen gebracht werden, nicht aber durch eine Folge starker akustischer Schwingungen (64). Ferner kann nach demselben Autor gegen die von Auerbach angenommene Analogie bemerkt werden, dass auch ein kontinuierlicher Batteriestrom die Widerstandsverminderung herbeizuführen vermag, obwohl bei dem Stromschluss höchstens ein Anstoss einwirkt, nicht aber eine Reihe von Pulsationen.

Stellt man an eine ausreichende Hypothese die Anforderung, ein einigermassen klares Bild des zu erklärenden Vorganges zu gewähren, so darf man behaupten, dass der Erfinder der Feilichtröhre selbst allen Schwierigkeiten aus dem Weg gegangen ist, ohne etwas wirklich Positives zu bieten.[1]) Nach Branlys Anschauung soll nämlich in dem die Kontakte trennenden Dielektrikum, also in der zwischengelagerten Gashülle oder Oxydschicht, eine Modifikation unbekannter Art erfolgen, und zwar so, dass das Isolierungsmedium für längere Zeit zur Stromleitung befähigt wird. Irgend ein Anhaltspunkt für diese keiner weiteren Erklärung fähige Auffassung liegt nicht vor, dennoch möge die Entgegnung Dorns angeführt werden. Das Leitungsvermögen einer Feilichtröhre, das vor und nach dem Evakuieren derselben oder nach Wiedereinlassen von Luft und anderen Gasen beträchtliche Unterschiede aufweist, nimmt in allen Fällen infolge gleicher elektrischer Einwirkung nahezu denselben Wert an. Dies bleibt unverständlich, wenn man eine Veränderung des Zwischenmittels für die Erscheinung verantwortlich machen will, während die im folgenden besprochene Brückentheorie hier eine hinreichende Begründung bietet. Die Zahl der durch den elektrischen Funken gebildeten metallischen Brücken kann nämlich nur so weit anwachsen, bis die Leitfähigkeit gross genug ist, um die Entwicklung der zur Neubildung von Brücken erforderlichen Wärme zu verhindern, ein Grenzzustand, der im wesentlichen von der Natur des Dielektrikums unabhängig sein wird (63).

1) Vgl. hierzu auch diese Zeitschr. 1, 506, 1900.

Eine schon weit bestimmtere Anschauung, als in Branlys Hypothese geboten wird, lässt sich gewinnen, wenn man eine chemische Veränderung des Zwischenmittels in Rechnung ziehen will. Thatsächlich hat ja Hemptinne bei starken elektrischen Einflüssen an einer Reihe von Verbindungen derartige Vorgänge beobachtet (65). Wenn auch durch Aschkinass nachgewiesen ist, dass eine Oxydschicht für das Eintreten der Kohärerwirkung nicht unbedingt erforderlich sein mag (57), so könnte immer noch in der mit Feuchtigkeit durchsetzten, die Kontakte trennenden Gashülle irgend eine für die Leitungsfähigkeit massgebende chemische Zersetzung eintreten. Welcher Art diese etwa sein würde, darüber braucht so lange keine Vermutung gebildet zu werden, als nicht bei dem gewöhnlichen Fritterphänomen ein bestimmter Anhaltspunkt aufgefunden ist. Die Unsicherheit der ganzen Frage lässt somit die Aufstellung einer näheren Theorie überhaupt nicht zu, abgesehen davon, dass es sich wohl schwer erklären liesse, wie eine chemische Zersetzung bei den verschiedenartigen Stoffen so gleichartig verlaufen sollte, um die Regelmässigkeit des Frittervorganges hinreichend begründen zu können.

(Schluss folgt.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

A. Battelli, Die spezifische Wärme der Gase. 14 Seiten.

Der Bericht giebt eine gute Übersicht über den im Titel angegebenen Gegenstand. Sehr zu beklagen ist nur, dass die Litteraturnachweise fehlen.

Nach einer kurzen Übersicht über ältere Arbeiten wird zunächst die Änderung der spezifischen Wärmen der Gase mit dem Druck besprochen. Sowohl Joule als auch Thomson fanden, dass die spezifische Wärme bei konstantem Volum C_v und bei konstantem Druck C_p von Luft zwischen 0° und 300° und zwischen 1 und 12 Atmosphären nicht konstant bleibe. Dies Ergebnis, namentlich die Änderung mit dem Drucke wurde längere Zeit auf Grund der klassischen Arbeiten von Regnault für fehlerhaft gehalten, bis es Lussana gelang, einige Fehlerquellen in Regnaults Versuchen aufzufinden und das Resultat der ersten beiden Forscher zu bestätigen. Auch de Heen u. a. sind zu dem gleichen Ergebnis gelangt. Die sorgsamsten Versuche rühren wohl von Joly her und deswegen verdienen seine Ergebnisse besonderes Vertrauen, welche lauten: C_v nimmt mit der Dichte zu, sowohl für Luft als auch

für Kohlensäure, während bei Wasserstoff die spezifische Wärme bei konstantem Volum abnimmt. Aus seinen ausgedehnten Versuchen schliesst Amagat, dass $C_p - C_v$ für Luft, Wasserstoff und Kohlensäure mit dem Drucke stark ansteigt, besonders bei niederen Temperaturen, ein Maximum erreicht und zwar bei einem um so höheren Drucke, je höher die Temperatur ist, darauf schnell abnimmt, und schliesslich langsam mit zunehmendem Drucke geringer wird.

Aus allen zuverlässigen Beobachtungen geht somit hervor, dass die beiden spezifischen Wärmen mit dem Drucke sich ändern, wenn es auch noch nicht gelungen ist, die Beziehung zwischen beiden Grössen durch ein Gesetz auszudrücken.

Änderung der spezifischen Wärmen der Gase mit der Temperatur. Während Regnault fand, dass die spezifischen Wärmen der Gase, welche dem Boyleschen Gesetze gehorchen, sich nicht mit der Temperatur ändern, kam Lussana zu dem entgegengesetzten Ergebnis. Bei Luft und Kohlensäure nahm nämlich C_p mit der Temperatur zu und zwar um so mehr, je grösser der Druck war. Nach Joly nimmt C_v für CO_2 mit der Temperatur ab. Ebenso fand E. Wiedemann, dass die spezifische Wärme der Gase, welche dem Boyleschen Gesetze nicht gehorchen, sich mit der Temperatur ändert. Die Untersuchungen von Wüllner, Winkelmann u. a. führten zu ähnlichen Ergebnissen.

Spezifische Wärme der Dämpfe — Molekulare spezifische Wärme. Auf Grund seiner Untersuchungen kam E. Wiedemann zu dem Ergebnis, dass die Änderung der spezifischen Wärme der Dämpfe und der entsprechenden Flüssigkeiten von derselben Grössenordnung sei. Eine Reihe von Fragen, welche durch diese und die ähnlichen Untersuchungen von Regnault angeregt waren, zu beantworten, war die Aufgabe einiger Arbeiten von Pellat, van der Waals, Bouty u. a., welche namentlich die Frage zu erklären suchten, weswegen die spezifische Wärme der gesättigten Dämpfe in dem einen Falle mit der Temperatur zunimmt, im andern dagegen abnimmt.

Die Untersuchung der molekularen spezifischen Wärme ist der Gegenstand einer Reihe von hochbedeutsamen Arbeiten von Mallard, Le Chatelier, Berthelot und Vieille gewesen. Aus denselben ergab sich, dass die molekulare spezifische Wärme sich sehr stark mit der Temperatur ändert, dass der Temperaturkoeffizient für alle sogenannte permanente Gase gleich gross und kleiner für die übrigen, dass die molekulare spezifische Wärme bei konstantem Volum unabhängig vom Drucke ist und schliesslich, dass die molekulare spezifische Wärme für alle Körper mit der Temperatur abnimmt, einem allen gemeinsamen Werte zustrebt, welcher beim absoluten Nullpunkt erreicht wird.

Aus dem Vergleich der thermischen Eigenschaften der Gase mit ihrer chemischen Konstitution folgert Berthelot, dass die spezifische Wärme bei konstantem Volum der einfachen Gase angenähert proportional der Anzahl Atome im Molekül ist. Hertsmann hat die Abweichungen von diesem Gesetze zu erklären gesucht. Zu wichtigen Formeln gelangte Neumann nämlich

$$\gamma = (u + 5)\,0{,}034 \qquad \gamma' = (u + 3)\,0{,}034,$$

wo γ und γ' die spezifischen Wärmen bedeuten und u die Anzahl der Atome im Molekül. Auf Grund dieser Formeln wiesen Kundt und Warburg nach, dass das Quecksilbermolekül im Dampfzustand einatomig ist.

Andere Untersuchungen. Von grossem Interesse sind die Untersuchungen von Beketoff, Roberts-Austen und Wright, welche die spezifische Wärme von im Palladium occludiertem Wasserstoff bestimmten. Die Werte waren um so niedriger, je grösser die Wasserstoffmenge war und sie schliessen hieraus, dass die zuerst absorbierten Mengen sich im flüssigen, der Rest sich im gasförmigen Zustand befindet.

Über die Messung des Quotienten C_p/C_v. Seitdem Laplace auf die Bedeutung dieses Quotienten in der Akustik aufmerksam gemacht hat, haben sich zahlreiche Physiker mit der Messung dieser Grösse beschäftigt. Die angewandten Methoden lassen sich in zwei Gruppen einteilen: bei der ersten wird eine adiabatische Zustandsänderung herbeigeführt, wofür die bekannte Gleichung gilt: $pv^\gamma = const$, wo p der Druck, v das Volum und $\gamma = C_p/C_v$ ist. Bei der zweiten wird mit Hilfe der Laplaceschen Formel aus der Schallgeschwindigkeit der Wert von γ berechnet. Die nach den verschiedenen Methoden erhaltenen Zahlen stimmen nicht besonders gut untereinander überein. Der mittlere Wert unter den gewöhnlichen Verhältnissen von Druck und Temperatur ist für Luft 1,402, für Wasserstoff 1,398 und für Kohlensäure 1,301.

Änderung von γ mit dem Drucke und der Temperatur. Die Resultate, zu denen die verschiedenen Forscher gelangt sind, stimmen nicht gut untereinander überein. Nach Müller und Kundt ist z. B. γ unabhängig von Druck und Temperatur, während Witte und Wüllner das Gegenteil beobachteten. Da C_p und C_v mit dem Drucke und der Temperatur variieren, so ist dasselbe auch wahrscheinlich mit γ der Fall.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 25. Januar 1901.)

H. du Bois, Magnetische Eigenschaften der ponderablen Materie. 49 Seiten.

Der Verfasser stellt in diesem Bericht, ohne auf die Theorien einzugehen, in übersichtlicher Weise das gesamte gesichtete Beobachtungsmaterial zusammen, welches, seitdem Faraday als erster das Problem in seiner Gesamtheit aufgestellt hat, gewonnen worden ist. Die dabei in Betracht kommenden Grössen sind in der folgenden Weise bezeichnet: spezifische Magnetisierung $\mathfrak{S}$, Feldstärke $\mathfrak{H}$, Magnetisierung bezogen auf das Volumen $\mathfrak{J}$, Induktion $\mathfrak{B}$, Molekulargewicht m, Atomgewicht a, absolute spezifische Suszeptibilität χ, Dichte D, Gehalt g, Konzentration c, Permeabilität reduziert auf den leeren Raum μ, Suszeptibilität bezogen auf das Volumen $\varkappa$, Suszeptibilität des Wassers x, absolute Temperatur Θ (in Centigraden ϑ). Maximumwerte erhalten den Index m.

Es werden drei Gruppen von Körpern unterschieden, ferromagnetische, paramagnetische und diamagnetische. Die ferromagnetischen Substanzen sind charakterisiert durch die hohe variable Suszeptibilität und die Hysteresis. Die letztere Erscheinung wird mit Rücksicht auf den Bericht von Warburg[1]) hier bei Seite gelassen.

Für schwache Felder $0 < \mathfrak{H} < 1$ C. G. S. ist die Suszeptibilität konstant ($\chi = 4$), für $1 < \mathfrak{H} < 10$ wächst die Magnetisierung rasch (Maximum ca. $\chi = 60$), für $\mathfrak{H} > 10$ nimmt $\mathfrak{J}$ immer langsamer zu und scheint sich einem Grenzwert zu nähern, der für die ferromagnetischen Metalle in der folgenden Tabelle zusammengestellt ist.

	Mn	*Fe*	*Co*	*Ni*
$\mathfrak{J}_m$	110?	1850	1370	580
$\mathfrak{S}_m$	15?	236	158	65
$\mathfrak{S}_m \, . \, a$	800?	13200	9300	3800.

Der Einfluss der Temperatur ist ziemlich kompliziert. Für tiefe Temperaturen (flüssige Luft) vermindert sich die maximale Suszeptibilität nur um wenig (265 bei $\Theta = 291$, 230 bei $\Theta = 88$). Andererseits vermehrt die Erwärmung in der Regel die Suszeptibilität, indem sie gleichzeitig die Feldstärke herabdrückt, bei der χ ihr Maximum erreicht, wirkt also wie mechanische Erschütterung.

Aus den aufgetragenen Kurven (Isopeden $\mathfrak{H}$ = konstant) für $\mathfrak{S}$ und Θ als Koordinaten lässt sich unmittelbar entnehmen, dass für Felder zwischen 300 und 1300 C. G. S. die Magnetisierung beständig mit steigender Temperatur abnimmt. Dabei zeigt sich ein Inflexionspunkt, der für $\mathfrak{H}$ = 100 bis 1300 zwischen 746 und 751° C. liegt. Diesen Punkt könnte man als der magnetischen Transformationstemperatur entsprechend bezeichnen.

1) Vgl. diese Zeitschr. **2**, 365, 1901.

Die magnetischen Quecksilberamalgame wurden insbesondere von Nagaoka und Wünsche studiert. Die Kurven ($\mathfrak{H}$ als Abscisse, $\mathfrak{S}$ als Ordinate) zeigen, dass die Amalgame sich der Sättigung langsamer nähern, als die massiven Metalle. Mit steigender Temperatur vermindert sich die Magnetisierung beträchtlich.

Von Legierungen sei erwähnt, dass vorzüglich als natürliche Beimengungen zum Eisen *S, B, C, Si* dann *P, As, Sb* in Betracht kommen. Eisenantimon wurde insbesondere von Weiss untersucht, Eisenaluminium von Parshall, Manganeisen von Frau Curie. Nickeleisen haben Guillaume, Osmond, L. Dumas u. A. geprüft und ebenso wurden Legierungen mit *Cr, Cu, C, Mo, W* und *Pt* studiert, doch sind alle diese Untersuchungen noch nicht als abgeschlossen zu betrachten. Bezüglich der reichlichen Detailangaben muss auf die Zusammenstellungen des Verfassers verwiesen werden.

Von natürlichen magnetischen Verbindungen ist der Magnetit zu nennen, dessen magnetisches Wesen Abt und der Verfasser genauer erforscht haben. Weiss hat später in ausführlichen Untersuchungen gezeigt, dass in den dodekaedrischen Krystallen dieses Minerales die Magnetisierung nach den drei Achsen sich wie 15 : 18 : 19 verhält. Pyrrhotine und Hämatit sowie einige andere kompliziertere Verbindungen zeigen ähnliches Verhalten wie der Magnetit.

Für paramagnetische und diamagnetische Verbindungen liegen zahlreiche Beobachtungen an Salzen teils in wasserfreiem, teils in krystallisiertem, teils in gelöstem Zustand vor. Für Lösungen hat man dann $\chi = \chi' g' + \chi'' (1 - g')$ worin χ' dem gelösten Salz, χ'' dem Lösungsmittel angehören. Sind χ' und χ'' von verschiedenem Vorzeichen so lässt sich eine Lösung herstellen, für die $\chi = 0$, $\chi' = \frac{g' - 1}{g'} \chi''$ wird. Nach einer solchen Methode hat Verfasser vielfach gearbeitet. χ' ist nach Untersuchungen von G. Wiedemann, G. Jäger, St. Meyer und J. Königsberger unabhängig vom Gehalt und mindestens in erster Annäherung von der Ionisation. Wiedemann hat ferner gezeigt, dass es auch angenähert denselben Wert ergiebt für feste krystallisierte Körper, doch gilt dieser Satz nicht ausnahmslos. Weiter soll nach diesem Autor und nach Plessner der Temperaturkoeffizient der meisten magnetischen Salze einander gleich und zwar zwischen $-0{,}0033$ und $-0{,}0036$ gelegen sein. Vermutlich darf man aber in Analogie zum Ausdehnungskoeffizienten der Gase statt eines linearen einen hyperbolischen Verlauf annehmen und nach Curie $\chi \Theta = C$ setzen, worin C eine Konstante bedeutet.

Von den Elementen setzt, insbesondere nach den neueren Untersuchungen von J. Königs-

berger und St. Meyer der Verfasser 37 als diamagnetisch, 22 als paramagnetisch, 4 als ferromagnetisch an, während er 7 (*Be, Mg, Sc, Nb, La, Ta, Th*) als noch zweifelhaft bezeichnet. Die neuentdeckten Gase Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon dürften als diamagnetisch anzusehen sein. Im natürlichen System der Elemente kann man sieben Serien paramagnetischer Elemente unterscheiden, von denen die geraden minder ausgesprochenen Charakter haben als die ungeraden. Bezüglich der auszugsweise nicht wiedergebbaren einzelnen Angaben muss auf den Bericht des Verfassers und die Originalabhandlungen verwiesen werden.

Für anisotrope Medien zeigen sich im Felde besondere Orientierungserscheinungen, die man als magnekrystallinische bezeichnet. An ihrer Erforschung beteiligten sich in erster Linie Poisson, Faraday, Plücker, Tyndall, Knoblauch, Grailich und von Lang. In letzter Zeit hat Lehmann an seinen flüssigen Krystallen Orientierungen nicht nur des gesamten Tropfens, sondern auch der einzelnen Krystallpartikelchen auf optischem Wege nachgewiesen.[1]) Einen Einfluss auf Mikroorganismen nachzuweisen ist dem Verfasser nicht gelungen. St. Meyer-Wien.

1) In direkter Weise hat, was dem Verfasser unbekannt geblieben sein dürfte, auch der Referent an einer Reihe von Krystallisationen im Magnetfeld (Wien. Ber. 1899) orientiertes Wachstum nachgewiesen.

(Eingegangen 24. Januar 1901.)

BESPRECHUNGEN.

H. Kayser, Handbuch der Spectroscopie. Lex. 8. Erster Band. XXIV u. 781 S. Mit 251 Figuren Leipzig, S. Hirzel. 1900. M. 40.—

Wie das grosse Handbuch von G. Wiedemann das gesamte Material auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre zusammenfassend darstellt, so unternimmt es hier der an der neuen Entwicklung der Spektroskopie hervorragend beteiligte Verfasser, in fünf stattlichen Bänden das gesamte Material seines Gebietes ökonomisch zu ordnen. Was das heisst, wird man würdigen, wenn man hört, dass er dazu nicht weniger als 7000 Abhandlungen und Notizen durchgearbeitet hat. Wenn man weiter sieht, wie beherrschend der Verfasser sein reiches Material gesichtet und geprüft hat, wie klar und übersichtlich er es zu gruppieren versteht, wie objektiv und anregend, aber doch unaufdringlich überall sein eigenes kritisches Urteil über den Wassern schwebt, so wird man zu aufrichtiger Bewunderung dieser gewaltigen Leistung hingerissen. Zu solchen inneren Vorzügen des Werkes kommt eine entsprechende Ausstattung: Schöner grosser und klarer Druck, einfache übersichtliche Figuren, vorzügliches Inhaltsverzeichnis, Sach- und Namenregister.

Die Litteratur ist bis Ende 1899 vollständig, weiterhin nur zum Teil berücksichtigt. Die konsequent durchgeführten Bezeichnungen, Citierungen, Masseinheiten, Schemata etc. werden in einem einleitenden Kapitel sorgfältig aufgeführt und diskutiert. Diese von vornherein zielbewusste Einheitlichkeit in der Anlage des Werkes ist ein weiterer unschätzbarer Vorzug, der seine Benutzung ganz ausserordentlich erleichtert. Aufgefallen ist mir die Schreibweise Cupfer, doch ist sie in Anbetracht des chemischen Cu in der That zweckmässig.

Kapitel I bringt auf 128 Seiten eine vortreffliche Geschichte der Spektroskopie. Wo Höhepunkte der Entwicklung strittig sind, lässt der Verfasser oft die grossen Autoren, auch fremdsprachliche, selber reden (hier, wie im ganzen Buche); ein schöner Brauch, der besser, wie alles andere, das Sachliche klarstellt und jedesmal gleichzeitig dem Leser ein Stück verehrungswürdiger Persönlichkeit nahe bringt. Kapitel II behandelt auf 120 Seiten die Erzeugung leuchtender Dämpfe, unterteilt in 1) die Einführung der Substanzen in verschiedene Flammen, 2) die Benutzung des galvanischen Lichtbogens, 3) die Anwendung hochgespannter Elektrizität. Das III. Kapitel über Prismen (144 Seiten) ist durchaus im Sinne des übrigen Werkes von H. Konen in Bonn geschrieben. Die Theorie folgt der erschöpfenden Behandlung Czapskis in Winkelmanns Handbuch. Kapitel IV handelt auf 89 Seiten von den Diffraktionsgittern, über die dem Verfasser seine und C. Runges reiche Erfahrungen zu Gebote stehen. Man findet hier auch eine sehr dankenswerte, eingehende Beschreibung der Rowlandschen Gitter-Teilmaschinen. Ein Abschnitt ist einer ausführlichen Behandlung des Michelsonschen Stufengitters gewidmet. Kapitel V von den spektroskopischen Apparaten ist das umfangreichste (198 Seiten). In sieben Abschnitten wird behandelt: Die Konstruktion, die Theorie der Spektroskope, die Benutzung der Interferenzfransen, die Empfindlichkeit des Auges, photographische Methoden und Apparate, Benutzung von Fluorescenz und Phosphorescenz, Benutzung der Wärmewirkung der Strahlen. Kapitel VI bringt die spektroskopischen Messungen unterteilt in absolute und relative Messungen.

Wenn die weiteren Bände halten, was dieser erste verspricht, dann darf sich die deutsche Physik zu diesem Werke beglückwünschen, aus

dem sie unzweifelhaft eine Fülle von Anregung zu fruchtbarer Weiterarbeit auf dem so verheissenden Gebiete der Spektroskopie schöpfen wird. Dem Verfasser wird Dank und Anerkennung nicht fehlen für das Opfer, welches er der Ökonomie der Wissenschaft durch die an das Werk gewendete Zeit und Mühe gebracht hat.

H. Th. Simon.

(Eingegangen 20. Februar 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Hann, Julius, Lehrbuch der Meteorologie. Mit mehreren Tafeln in Lichtdruck, verschiedenen Karten, sowie zahlreichen Abbildungen im Text. Lieferung 1. (Vollständig in ca. 8 Lieferungen à 3 M.) Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz. 1901. 80 S. gr. 8. M. 3.—.

Kübler, J., Beitrag zur Knick-Elastizität und -Festigkeit. Mit 2 lithographierten Tafeln. (Sonderabdruck aus Heft 5/6 des 45. Bandes der Zeitschrift für Mathematik und Physik.) gr. 8. 26 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1900. M. —.80.

Briefkasten.

An die Redaktion der Physikalischen Zeitschrift.

Bei Lesung der interessanten Arbeit des Herrn H. Th. Simon über die „sprechende Bogenlampe“ begegnete ich wieder einmal einer alten Bekannten, der Selenzelle. Sie sah mich vorwurfsvoll an, denn ich habe ihr vor Jahren im Geiste etwas versprochen, bis jetzt aber nicht gehalten. Und da ich jetzt nicht in der Lage bin, der Idee selbst weiter nachzuspüren, so will ich sie hier Ihren Lesern unterbreiten, vielleicht, dass damit die Anregung gegeben wird, etwas Brauchbares daraus zu machen.

Es ist folgendes:

Durch Einfügung einer Selenzelle mit dem nötigen weiteren Apparat den Stromkreis einer Lichtleitung selbstthätig zu schliessen resp. zu unterbrechen, je nach eintretender Dunkelheit oder Tageshelle.

Prinzipiell würde die Sache folgendermassen zu gestalten sein: Die Selenzelle wird etwa auf dem Dache des Elektrizitätswerkes angebracht und schliesst mit Hilfe eines empfindlichen Relais einen Lokalstrom im Inneren, welcher den Hauptschlüssel der Lichtanlage ein- und ausschaltet.

Es ist also zu der Einrichtung für jeden Stromkreis (oder eine Gruppe solcher) eine zweite Leitung nötig, diejenige welche von der Selenzelle zum Relais führt. Diese Leitung lässt sich aber ganz kurz machen: nur bis aufs Dach des betr. Elektrizitätswerkes und zurück ins Innere.

Praktischer Nutzen: Die Strassenbeleuchtung z. B. wird selbstthätig reguliert, also auch bei verfrühter Dämmerung (dunklem Wetter, Nebel u. s. w.) früher entzündet; in Durchgängen, Höfen u. s. w. geschieht dies stets früher als auf hellen, grossen Plätzen. Gelingt es, Selen so empfindlich zu machen, dass Mondschein darauf wirkt, so unterbricht sich die Beleuchtung stets, solange „Selene“ scheint; Ersparnis an Strom, Kohlestiften und Glühkraft der Glühlampen. Ist elektrische Beleuchtung der Eisenbahnzüge eingeführt, so tritt diese z. B. bei der Durchfahrt durch Tunnels in Thätigkeit.

Dies die Skizze der Idee; das Kind ist, wie Sie sehen, noch sehr embryonal, — aber ich kann's nicht weiter „austragen“; vielleicht erbarmt sich einer Ihrer Leser seiner und nimmt es behufs Ausreifens, — wie Zeus den Dionysos — in seine Hüfte; wer weiss, ob's nicht lebenskräftig ist.

Hiermit schliesse ich, und würde mich sehr freuen, zu hören, ob etwas daraus geworden ist.

Mit vorzüglicher Hochachtung
Ihr ergebenster R. Frhr. v. Seydlitz.

Starnberg bei München, 21. Februar 1901.
Villa Wartburg.

Tagesereignisse.

Die Deutsche Meteorologische Gesellschaft hält am 1., 2. und 3. April ihre diesjährige allgemeine Versammlung in Stuttgart ab. Anmeldungen zum Besuch sind bis zum 10. März an Prof. Dr. Kremser, Berlin W., Schinkelplatz 6, zu richten. Den Hauptvortrag hält Professor Pernter (Wien) über das Hagelschiessen.

Personalien.

Der Professor der Physik und Astronomie und Direktor des mathematisch-physikalischen Instituts an der Universität Marburg, Geheimrath Dr. Franz Melde, ist in der Nacht zum 18. März gestorben.

Dem Ingenieur Alfred Widmaier in Neunkirchen ist die ordentliche Professur der mechanischen Technologie an der Technischen Hochschule zu Stuttgart übertragen worden.

An der Technischen Hochschule zu Berlin hat sich der Ingenieur Karl Heinel bei der Abteilung für Maschineningenieurwesen für das Lehrfach „Konstruktionen von Kühl- und Eismaschinen“ als Privatdozent habilitiert.

Der Privatdozent der Chemie Professor Dr. Semmler in Greifswald wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

Dem ordentlichen Professor der Mathematik Dr. Fuchs in Berlin wurde der Charakter als Geheimer Regierungsrat, dem Direktor des städtischen chemischen Untersuchungsamtes Dr. Fischer in Breslau das Prädikat Professor verliehen.

Der Ingenieur und Chefkonstrukteur auf dem Wiener Werke der Firma Siemens & Halske, Karl Pichelmayer, der einen Ruf als Professor für die elektrotechnische Lehrkanzel der Technischen Hochschule in München erhielt, hat diesen Ruf abgelehnt.

An der Universität Wien wurden als Privatdozenten zugelassen: Dr. Karl Carda für Mathematik, Dr. Franz Wenzel für Chemie.

Der Professor der Physik an der Universität Greifswald Dr. F. Richarz hat einen Ruf nach Marburg erhalten und wird demselben Folge leisten.

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 26. 30. März 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

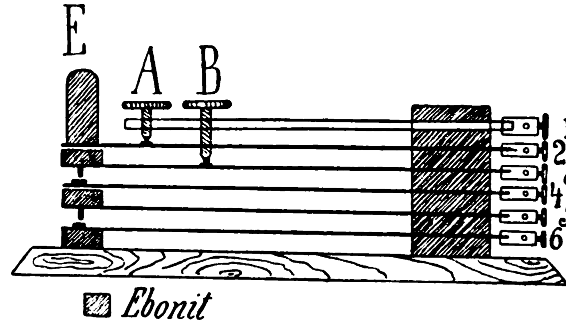
Über eine kleine Abänderung beim Callendar-Griffithsschen Doppelschlüssel.

Von Gottlieb Kučera.

Gelegentlich einer grösseren Experimentaluntersuchung, bei welcher tiefe Temperaturen in Anwendung kamen, wurden diese mittelst der Veränderung eines Platinwiderstandes nach der Methode der Wheatstoneschen Brücke gemessen. Als Stromschlüssel diente der von Callendar und Griffiths[1]) angegebene Doppelschlüssel, welcher neben dem, von der Selbstinduktion im Widerstande herrührenden Anfangsstromstoss im Galvanometer, auch den Einfluss von Thermoströmen dadurch vermeidet, dass als Ruhelage der Galvanometernadel diejenige angenommen wird, welche sich einstellt, wenn die Thermoströme ständig die Windungen des Galvanometers durchfliessen. Sind die Thermoströme aber stärker, so werden sie immerhin lästig, da bei ungenügend schnellem Schliessen des Schlüssels doch ein Anfangsdrehmoment auf die Nadel ausgeübt wird, hauptsächlich dann, wenn das Galvanometer (z. B. Rubenssches oder Kelvinsches) ein sehr leichtes Magnetsystem und eine grosse Empfindlichkeit hat, was für die Messung schnell veränderlicher Widerstände unumgänglich notwendig ist. Nun lässt sich in den meisten Fällen dem allzugrossen Anwachsen der Thermoströme vorbeugen durch eine ganz geringfügige Abänderung am Schlüssel selbst. Dieser (s. Fig.) besteht bekanntlich aus einer starren und fünf elastischen Metalllamellen, welche die Klemmen 1 bis 6 tragen. Im Ruhezustand ist Lamelle 1 mit 2 ständig durch einen mittels Schraube *A* hergestellten Kontakt verbunden, was bewirkt, dass das Galvanometer eingeschaltet bleibt. Drückt man nun schnell an dem Ebonitknopf *E*, so wird dieser Kontakt ausgelöst und Element und Galvanometer schnell nacheinander eingeschaltet.

1) Engineering 62, 595, 1896.

Die Thermopotentialdifferenz hat in den meisten Fällen ihren Sitz in dem Zweig, wo das Platinwiderstandsthermometer sich befindet, und rührt von der Temperaturdifferenz, welche sich durch Leitung herstellt, her; in den übrigen Zweigen lässt sich das Eintreten von



Temperaturunterschieden meistenetils sehr leicht vermeiden, und durch Stromwärme treten solche auch nicht in nennenswerter Grösse ein, da man bei diesen Temperaturmessungen immer mit sehr schwachen Strömen arbeiten muss. Bringt man nun an der Lamelle 1 eine zweite Schraube *B* an, welche durch eine in der Lamelle 2 durchbrochene Öffnung frei hindurchgeht, so kann man im Ruhezustand den Kontakt zwischen 1 und 3 herstellen, wodurch der Zweig des Platinthermometers kurzgeschlossen ist. Die hier entstehenden Thermoströme finden dann einen Kreis von geringerem Widerstand (nur dem des Thermometers), und die dadurch in stärkerem Masse auftretenden Peltier- und Thomson-

wärmen gleichen die Temperaturunterschiede schneller aus, wodurch die Thermoströme heruntergedrückt werden. Dabei müssen die Klemmen 1 und 5 mit demjenigen Ende des Brückendrahtes verbunden sein, an dem der zu messende Widerstand angesetzt ist, die Klemme 2 und 6 führen zum Galvanometer, das mit dem zweiten Ende des Brückendrahtes verbunden ist, Klemme 3 zum Verzweigungspunkt zwischen Widerstand und Rheostat, endlich Klemme 4 zum Element, dessen anderer Pol mit dem Gleitkontakt der Brücke in leitender Verbindung steht.

Begreiflicherweise hat die angegebene Abänderung des Schlüssels, welche sich an jedem solchen äusserst leicht anbringen lässt, nur dann einen Sinn, wenn im Galvanometer selbst ein grosser Widerstand sitzt, was aber bei Temperaturmessung mittels Widerstandsänderung immer der Fall sein soll.

Darmstadt, Phys. Inst. der Techn. Hochschule.

(Eingegangen 11. März 1901.)

Bemerkung über den Entladeverzug durch magnetische Kräfte.

Von J. Stark.

Bewegte Ionen machen ein von ihnen durchwandertes Gas leitend, d. h. erzeugen in ihm aus neutralen Teilchen neue freie positive und negative Ionen. Besonders die negativen Ionen bringen diese Wirkung hervor.[1])

In einer früheren Mitteilung[2]) habe ich gezeigt, dass das Zustandekommen der unipolaren Entladung an glühenden Körpern sich auf Grund dieser Wirkung erklären lässt. Im folgenden soll dargelegt werden, wie auch die Verzögerung einer Entladung durch magnetische Kräfte auf Grund der Ionisierung eines Gases durch bewegte Ionen verständlich wird.

Erteilt man zwei in Gas befindlichen Elektroden eine geeignete Spannungsdifferenz, so tritt eine Entladung zwischen ihnen (selbständige Strömung) in der Regel nicht sofort ein, sondern erst nach einigen Minuten oder Bruchteilen einer Minute. Diese vielfach beobachtete Erscheinung heisst Entladeverzug.

J. J. Thomson[3]) und E. Warburg[4]) nehmen an, dass während des Entladeverzugs eine schwache dunkle Entladung oder mit andern Worten eine schwache Strömung von Ionen stattfinde.

1) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. **37**, 336, 1884; J. Townsend, Nature 1900, 401; J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) **50**, 279, 1900; J. Stark, Ann. der Phys. **4**, 402, 1901.

2) J. Stark, Phys. Zeitschr., **2**, 17, 1900.

3) J. J. Thomson, Rec. Res. 1893, 105, 131.

4) E. Warburg, Sitzungsber. der Berl. Akad., 1897, 72.

Dieser Ansicht haben wir uns anzuschliessen und sie in folgender Weise zu erweitern.

In der dunklen Entladung während des Entladeverzugs wird durch die Bewegung der zufällig aus irgend einem Grunde vorhandenen vom elektrischen Felde angetriebenen freien Ionen das Gas ionisiert, so dass in unmittelbarem Anschluss daran eine starke in der Regel leuchtende Entladung, „die Entladung," durch das Gas erfolgen kann. Je mehr Ionen aus sekundären Gründen zufällig vorhanden sind, desto kürzer ist der Entladeverzug. Er ist um so länger oder es kann die Entladung überhaupt nicht erfolgen, wenn die vom elektrischen Felde während des Verzuges bewegten Ionen auf irgend eine Weise gehindert werden, in der Richtung zwischen den Elektroden fortzuschreiten und so auf der ganzen Strecke zwischen diesen das Gas zu ionisieren.[1])

E. Warburg (a. a. O.) hat nun über den Entladeverzug in verdünnten Gasen folgende Beobachtung gemacht. Wirkt senkrecht zu der Verbindungslinie der Elektroden eine magnetische Kraft, so wird je nach der Grösse der Elektrodenspannung der Entladeverzug vergrössert oder es kann überhaupt keine Entladung zu stande kommen. E. Warburg sieht in dieser Erscheinung einen Beweis für die Existenz einer dunklen Entladung während des Entladeverzugs. Die Erscheinung selbst lässt sich wohl in folgender Weise erklären.

Durch die magnetische Kraft werden die Ionen, welche während des Entladeverzugs in der Richtung zwischen den Elektroden strömen, senkrecht von dieser Richtung abgelenkt, folgen in schraubenförmiger Bewegung den magnetischen Kraftlinien und schreiten nicht oder nur wenig von der einen Elektrode nach der anderen vorwärts. Erfolgt darum die Ionisierung vorzugsweise durch die negativen Ionen an der negativen Elektrode und befindet sich diese in einem transversalen Magnetfelde, so kann sich die Ionisierung von dieser durch das Gas bis zur Anode schwer oder gar nicht ausbreiten, und dementsprechend wird die Entladung stark verzögert oder überhaupt verhindert.

Nach den Beobachtungen von Warburg ist der Entladeverzug durch magnetische Kräfte dann deutlich und beträchtlich, wenn die Anode abgeleitet ist und die Kathode in einem starken transversalen Magnetfelde sich befindet.

In verdünnten Gasen ist entsprechend der in ihnen grösseren mittleren freien Weglänge unter gleichen Umständen die Geschwindigkeit der Ionen und darum auch ihre Ablenkung durch magnetische Kräfte von der Richtung der elektrischen Kraft grösser als bei höheren Drucken. Dementsprechend ist, wie auch die Erfahrung zeigt, der Entladeverzug durch magnetische Kräfte deutlich nur in verdünnten Gasen zu beobachten.

1) J. Stark, Ann. d. Phys. **4**, 407, 1901.

Der Entladeverzug durch magnetische Kräfte lässt sich einerseits auf Grund der Ansicht über die ionisierende Wirkung bewegter Ionen erklären, andererseits ist er auch eine Stütze für diese Ansicht. Wie die Verhinderung der unipolaren Entladung an einem glühenden Körper durch das Feld eines negativ geladenen Körpers, zeigt auch er, dass für die Schaffung der Ionisation, welche die Voraussetzung einer (selbständigen) Entladung ist, nicht die Stärke des elektrischen Feldes, sondern die Bewegung der negativen Ionen den Ausschlag giebt.

Göttingen, 10. März 1901.

(Eingegangen 19. März 1901.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Der heutige Standpunkt der Kohärerfrage.[1]

Von G. Schlabach.

(Schluss.)

Wenn von den bis jetzt besprochenen Theorien wohl keine einer scharfen Kritik gegenüber standzuhalten vermag, muss nach dem Gesamtergebnis der Forschung der nunmehr zu betrachtenden elektro-thermischen Hypothese unbedingt der Vorrang eingeräumt werden.

Schon Lodge hatte von Anfang an betont, die Ursache der dauernden Leitungsfähigkeit sei in einer vollständigen Verschmelzung der Kontaktpunkte zu suchen, indem die elektrostatische Anziehung der entgegengesetzt geladenen Partikeln eine nach Durchbrechung der Isolationsschichten erfolgende Zusammenfrittung herbeiführe (55). Wenn nun weiter hinzugefügt wird, um die durch einfache Attraktionskräfte kaum erklärbare Verschmelzung plausibler zu machen, dass der Entladungsfunke bei diesem Schweissungsvorgang gleichsam als Lötmittel wirke, so kann dieser Vorstellung hinreichende Klarheit nicht zuerkannt werden. Es dürfte daher am einfachsten sein, wie es jetzt fast allgemein geschieht, der Funkenwirkung, die man doch nicht entbehren kann, von vornherein die Hauptrolle zuzuschreiben. Der rätselhafte Vorgang würde sich somit etwa in der folgenden Form abspielen. Gleichgültig, ob eine Annäherung oder Orientierung der leitenden Teilchen stattfindet oder nicht, immer muss der mit dem Ausgleich der induzierten Potentialdifferenz verbundene elektrische Funke das zwischenliegende Dielektrikum durchschlagen. Hierbei werden die Kontaktpunkte infolge der thermischen Funkenwirkung entweder direkt zusammengeschweisst oder, was nicht viel anderes besagt, durch die in den Durchgangskanal hineingerissenen Metallteilchen verbunden, so dass in jedem Fall leitende Brücken für den Strom zu stande kommen. Wenn sich dieser an und für sich höchst einfache Fundamentalvorgang infolge irgendwelcher (z. B. chemischer) Nebenwirkungen vielleicht auch komplizierter gestalten kann, so wird doch immer die Brückenbildung zwischen den Kontaktpunkten das Massgebende bleiben. (Ähnlich Arons, Dorn, Fromme, v. Gulik u. a.)

Wie sich das Auftreten von Funken mit Hilfe des Mikroskops vielfach direkt beobachten oder wenigstens durch photographische Wirkungen nachweisen liess, so ist auch die Bildung leitender Brücken in einzelnen Fällen experimentell bewahrheitet worden (Arons 56, Drude 115, v. Gulik 64, Malagoli 67, Tommasina 84, Sundorph 79). Es muss allerdings auf Grund der Einzelbeobachtungen die Kontinuität der Vorgänge allgemein gefolgert werden.

So einleuchtend sich die Brückentheorie im ganzen darstellt, hat sie doch ihre ausgesprochenen Gegner. Ein bedenklich scheinender Einwurf ist beispielsweise von Aschkinass erhoben worden, wenn er sagt, dass eine Abkühlung ebenso wie eine Erwärmung die durch den Funken aufgebauten Brücken zerstören müsse, während in Wahrheit eine Temperaturerniedrigung nicht die geringste Änderung der durch den Funken hergestellten Leitungsfähigkeit bewirkt. Die sinnreiche Entgegnung Sundorphs dürfte die Bedenken in ausreichender Weise beheben. Wenn nämlich die gewissermassen durch ganz kurze Stäbchen zu einer Brücke verbundenen Metallpartikeln einen Druck an ihren Enden erfahren, z. B. infolge Längenausdehnung, so müssen die Verbindungsstücke sofort zusammenbrechen; eine Abkühlung dagegen hat einen Zug im Gefolge, der die Brückenpfeiler nicht zu zerreissen braucht (79).

Ein zweiter Einwurf von Aschkinass, dass ein Kohärer auch nach vollständigem Evakuieren der Röhre keine Einbusse seiner Wirksamkeit erfahre, obwohl im luftleeren Raume eine Funkenentladung unmöglich sei, erscheint durch die Versuche Brocas über die disruptive Entladung im Vakuum hinreichend entkräftet (*C. R.* 128. 356 und *R. G.* 10. 507).

Von wesentlicher Bedeutung für ein tieferes Verständnis des Kohärerphänomens war die zuerst von Arons gemachte Beobachtung, dass eben gebildete Brücken durch nachfolgende — namentlich stärkere — Schwingungen öfters wieder zerstört wurden (56).

Es darf hieraus gefolgert werden, dass diese Erscheinung bei jedem Frittervorgang eintreten kann, aber wegen der sofortigen Neubildung anderer Brücken im allgemeinen keinen Einfluss

auf die endgültige Herstellung der Stromleitung gewinnt. Unter gewissen Umständen allerdings zeigt sich die Zerstörung der leitenden Brücken in solchem Grade, dass die eigentliche Frittererscheinung geradezu umgekehrt wird. Dies geschieht, wie nach Arons' Beobachtung zu erwarten ist, namentlich bei sehr starken elektrischen Einwirkungen. Berührt man z. B. nach Branlys Angabe einen aus Goldpulver hergestellten Kohärer, der sich gegen gewöhnliche Funkenwirkungen ganz normal verhält, direkt mit dem Pol einer in Betrieb gesetzten Influenzmaschine, so findet regelmässig eine bedeutende Widerstandszunahme statt (87). Weit ausgedehnter sind die Versuche von Chunder Bose, der bei fast allen Metallen gelegentliche Widerstandszunahmen feststellen konnte, doch nur dann, wenn die Schichtungsdichte des Kohärers oder seine Betriebsspannung zu gering war (71 u. 86).

Aus den Beobachtungen dieser Autoren muss man notwendigerweise den Schluss ziehen, dass bei der Frittererscheinung im allgemeinen zwei parallel verlaufende Vorgänge beteiligt sind, einerseits die thermische Funkenwirkung, anderseits mechanische Bewegungsvorgänge. Welches Resultat sich durch das Zusammentreten dieser beiden Momente, eines aufbauenden und eines zerstörenden, schliesslich ergiebt, hängt naturgemäss von dem Überwiegen des einen oder andern ab. Welche Umstände hierbei massgebend sind, darüber ist eben noch recht wenig Aufklärung vorhanden, und gerade diese Frage bildet, wie ausdrücklich anerkannt werden muss, den wundesten Punkt der Brückentheorie. Jedenfalls ist so viel festgestellt, dass zur Erzielung einer stetigen Widerstandsverminderung eine gewisse Abmessung zwischen der Schichtungsdichte, Betriebsspannung und Erregerwirkung erforderlich scheint.

Der oben erwähnte Umkehrungsvorgang wurde in besonders markanter Weise von Neugschwender an Spiegeln hervorgerufen, deren Silberbelegung durch einen feinen Schnitt in zwei Hälften geteilt war (76). Auch hier zeigte die mikroskopische Beobachtung deutlich, dass zarte Strombahnen, und zwar solche elektrolytischer Entstehungsart, durch das Auftreffen elektrischer Wellen zerstört wurden. Die schon von Branly beobachtete Widerstandsvergrösserung mancher Silber- oder Platinspiegel findet hiernach eine ausreichende Begründung; nur bleibt in allen diesen Fällen die Regelmässigkeit des Vorgangs vorläufig unaufgeklärt. (Über den „Antikohärer" vergleiche E. T. Z. **21**, 87 u. 492.)[1]

Wieweit man von völliger Erkenntnis aller hierher gehörigen Phänomene entfernt ist, zeigt noch die von Chunder Bose beobachtete, mit absoluter Regelmässigkeit eintretende Widerstandszunahme des Elementes Kalium und einiger verwandten Metalle (71). Der Kaliumkohärer hat ausserdem die besondere Fähigkeit der automatischen Einstellung seines Anfangswiderstandes; die letztere Eigentümlichkeit erscheint indes nicht mehr so auffallend, seitdem bekannt ist, dass Kohlenpulver wegen des geringen Zusammenhanges der Leitungsbrücken selbständig seinen Anfangswiderstand annehmen kann (Tommasina 96).[1]

Wollte man das charakteristische Ausnahmeverhalten des Kaliums auf Vorgänge chemischer Natur zurückführen, so würde sich in der von Branly entdeckten Widerstandsvermehrung des Bleisuperoxyds ein Analogon finden lassen: denn hier hat Sundorph die unter elektrischer Einwirkung erfolgende Umwandlung in schlecht leitendes Bleioxyd experimentell festgestellt (80).

Verlassen wir nunmehr die verschlungenen Pfade der Theorie, so erübrigt noch ein kurzes Wort über die Bedeutung des Fritters im allgemeinen. Wenn auch die unscheinbare Feilichtröhre im physikalischen Laboratorium ein treffliches Hilfsmittel zur Demonstration der elektrischen Wellen bildet, so liegt doch ihr Hauptwert unzweifelhaft auf der praktischen Seite. Der hohe Empfindlichkeitsgrad des Instruments lässt die störende Wirkung unerwünschter Nebenstrahlen nur bei Befolgung aller Vorsichtsmassregeln mit Sicherheit eliminieren; zudem ist eine quantitative Beobachtung von vornherein der Wirkungsart des Fritters wenig angemessen. Trotz dieser ungünstigen Vorbedingungen sind Bestimmungen von Wellenlängen und Brechungsquotienten oder auch die Feststellung der Beugung und Doppelbrechung elektrischer Strahlen sowie namentlich Absorptionsversuche auf Grund des Verhaltens loser Kontakte erfolgreich durchgeführt worden. Ist somit die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit des Fritters im ganzen eine beschränkte, so sichern ihm die weitgehenden Erfolge auf dem Gebiete der Funkentelegraphie, die noch neuerdings eine hoffnungsvolle Bereicherung erfahren haben (137), eine hervorragende Stelle in der Welt der Technik. Hier liegt die Bahn zu freier Bethätigung offen, wenn auch unüberwindliche Schranken vorerst der Theorie ein Halt gebieten. Dass aber dieser Stillstand kein dauernder sein wird, dafür bürgt das emsige Schaffen der Forscher, das eine endgültige Lösung des Kohärerproblems zuversichtlich erhoffen lässt. Für jetzt freilich müssen wir uns mit dem Bekenntnis begnügen:

Causa latet, vis est notissima.

1) Vgl. hierzu die aufklärenden Versuche von E. Marx, diese Zeitschr. **2**, 249, 1901. (Die Redaktion.)

1) Vgl. diese Zeitschr. **1**, 341, 1900.

Litteraturverzeichnis.

Abkürzungen.

A. Annalen der Physik und Chemie.
B. Beiblätter zu den Annalen.
B. A. Berliner Akademie, Sitzungsberichte.
B. G. Berliner Physikalische Gesellschaft, Verhandlungen.
W. A. Wiener Akademie, Sitzungsberichte.
E. T. Z. Elektrotechnische Zeitschrift.
N. R. Naturwissenschaftliche Rundschau.
P. Poske, Zeitschrift für den physikal. und chem. Unterricht.
P. J. Polytechnisches Journal.
P. N. Polytechnisches Notizblatt.
Ph. Physikalische Zeitschrift.
Z. Zeitschrift für physikalische Chemie.
C. R. Comptes rendus des seánces de l'Academie des sciences.
El. Éclairage électrique. — L. La lumière électrique.
G. Genève, Archives des sciences physiques et naturelles.
J. Journal de physique.
R. Revue des questions scientifiques.
R. G. Revue générale des sciences pures et appliquées.
E. The Electrician. — Ch. N. Chemical News.
Ph. M. Philosophical Magazine. — N. Nature.
Ph. R. Physical Review.
R. S. Royal Society of London, Proceedings.
N. C. Il Nuovo Cimento.
Ven. Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti.

I. Der Widerstand loser Kontakte im allgemeinen.

1.	Riess	A. 64. 50	1845	Über das Leitungsvermögen einiger Stoffe.
2.	Beetz	A. 111. 619	1860	Über die Elektrizitätsleitung durch Kohle und Metalloxyde.
3.	Varley	Brit. Assoc. Meeting Liverpool. Anhang, S. 28	1870	Über die Wirkung des Blitzes auf Telegraphendrähte.
4.	Braun	A. 153. 556	1874	Über die Stromleitung durch Schwefelmetalle.
5.	Müller	A. 154. 361	„	Über den Übergangswiderstand an den Berührungsstellen metall. Leiter.
6.	du Moncel	C. R. 81. 766	1875	Über die elektrische Leitungsfähigkeit schlechter Leiter.
7.	Braun	A. 1. 95	1877	Über Abweichungen vom Ohm'schen Gesetz.
8.	Edison	N. 18. 368. P. J. 229. 226	1878	Das Tasimeter.
9.	Hughes	R. S. 27. 361. Ch. N. 37. 197	„	Über die Wirkung von Schallwellen auf die Intensität eines galvanischen Stromes.
10.	Lüdtge	P. N. 34. 97	„	Das Universaltelephon.
11.	du Moncel	C. R. 87. 131 u. 87. 189	„	Intensitätsänderung des elektrischen Stromes durch Druck.
12.	Bidwell	Ph. M. 13. 347	1882	Der Einfluss der Temperatur auf den elektrischen Widerstand einer Mischung von Schwefel und Kohle.
13.	„	R. S. 35. 1	1883	Über den elektrischen Widerstand von Kohlenkontakten.
14.	Boekmann	A. 23. 651	1884	Über den elektrischen Widerstand des Mikrophonkontaktes während der Bewegung.
15.	Auerbach	A. 28. 604	1886	Über die Elektrizitätsleitung von Metallpulvern.
16.	Bellati, Lussana	Ven. 6. 19	1888	Über den Durchgang elektrischer Ströme durch schlechte Kontakte.
17.	Vicentini	L. 49. 281	1893	Über den Einfluss der Gasatmosphäre auf den Berührungswiderstand zweier Metalle.
18.	Branly	C. R. 120. 869	1895	Elektrischer Widerstand beim Kontakt zweier Metalle.
19.	Salvioni	Acad. Perugia 9. 3 E. T. Z. 19. 144	1897 1898	Über den Durchgang der Elektrizität durch äusserst kleine Unterbrechungen.
20.	Branly	C. R. 127. 219. J. 8. 21	1898 1899	Elektrischer Widerstand beim Kontakt zweier Metallscheiben.
21.	A. Meyer	A. 66. 760	1898	Über den elektrischen Widerstand von Stahlkugeln.
22.	Streintz	W. A. 109. 221. A. 3. 1	1900	Die elektrische Leitfähigkeit von gepressten Pulvern.

II. Widerstandsänderungen durch elektrische Einflüsse.

23.	Munk af Rosenschöld	A. 34. 437	1835	Versuche über die Fähigkeit starrer Körper zur Leitung der Elektrizität.
24.	„	A. 43. 193	1838	Untersuchungen über Elektrizität.
25.	Hughes	E. T. Z. 20. 386. Fahie, Wireless tel. D. S. 289	1879	Versuche mit der Mikrophonröhre.
26.	Calzecchi	N. C. 16. 58	1884	Über die Leitfähigkeit von Metallfeilen.
27.	„	N. C. 17. 38	1885	desgl.
28.	„	N. C. 19. 24	1886	Über ein neues Seismoskop.
29.	Branly	C. R. 111. 785 L. 40. 301 u. 40. 506	1890 1891	Veränderungen der Leitfähigkeit unter verschiedenen Umständen.
30.	„	C. R. 112. 90	1891	Veränderung der Leitfähigkeit isolierender Substanzen.
31.	Minchin	Ph. M. 31. 207. L. 39. 332	„	Photo-elektrische Versuche.
32.	Branly	J. 1. 459	1892	Elektrische Leitfähigkeit isolierender Körper.
33.	Minchin	E. 32. 122	1893	Die Wirkung der elektrischen Bestrahlung auf dünne metallische Häute.
34.	Aschkinass	B. G. 13. 103	1894	Über den Einfluss elektrischer Wellen auf den galvanischen Widerstand metallischer Leiter.
35.	Branly	C. R. 118. 384. L. 51. 526	„	Über die Leitfähigkeit leitender diskontinuierlicher Substanzen.
36.	Lodge	London	„	The work of Hertz S. 19. Microphonic detectors.
37.	„	Ph. M. 37. 94	„	Über das plötzliche Auftreten der Leitfähigkeit diskreter Metallteilchen.

38.	Minchin	Ph. M. 37. 90	1894	Die Wirkung der elektrischen Bestrahlung auf dünne metallische Häute.
39.	Aschkinass	N. R. 10. 59	1895	Über den Einfluss elektrischer Wellen auf den galvanischen Widerstand metallischer Leiter.
40.	Haga	A. 56. 571	„	Über den Einfluss elektrischer Wellen auf den galvanischen Widerstand metallischer Leiter.
41.	v. Lang	A. 57. 34	„	Beobachtung über die Widerstandsänderung der Kontakte zweier Leiter durch elektrische Bestrahlung.
42.	Lhuillier	C. R. 121. 345	„	Über die Leitfähigkeit der Gemische von Metallfeilen und Dielektricis.
43.	Lodge	El. 2. 135	„	Versuche zum Beweis der Maxwell'schen Lichttheorie (Vortrag zu Oxford).
44.	Mizuno	Ph. M. 40. 497	„	Bemerkung über das Stanniolgitter als Entdecker elektrischer Wellen.
45.	Aschkinass	A. 57. 408	1896	Zur Widerstandsänderung durch elektrische Bestrahlung.
46.	Child	Ph. R. 3. 387	„	Änderungen des Widerstands im Stanniol durch elektrische Wellen.
47.	Fromme	A. 58. 96	„	Über die Änderung der Leitfähigkeit durch elektrische Einflüsse.
48.	v. Gulik	Dissertation, Groningen. B. 20. 659 u. 21. 140	„	Über die Ursache der Widerstandsänderungen in mikroskopischen Kontakten.
49.	Mizuno	Ph. M. 41. 445	„	Das Stanniolgitter als Entdecker elektrischer Wellen.
50.	Vicentini	Ven. 7. 228. N. R. 11. 383	„	Das Verhalten diskontinuierlicher Leiter unter elektrischen Einflüssen.
51.	Appleyard	Ph. M. 43. 374	1897	Flüssige Kohärer und bewegliche Leiter.
52.	Auerbach	A. 64. 611	„	Über Widerstandsänderungen durch elektrische und akust. Schwingungen.
53.	Branly	C. R. 125. 1163	„	Die Leitfähigkeit der Radiokonduktoren.
54.	Calzecchi	N. C. 6. 214	„	Über den Metallpulveranalysator.
55.	Lodge	E. 40. 87	„	Geschichte des Kohärerprinzips.
56.	Arons	A. 65. 567	1898	Mikroskopische Beobachtungen von Wechselkontakten.
57.	Aschkinass	A. 66. 284	„	Theoretisches und Experimentelles über den Kohärer.
58.	Blochmann	Naturforschervers. Düsseldorf. II. S. 75	„	Zur Theorie des Branlyschen Rohres.
59.	Blondel	El. 16. 316	„	Über die Kohärer.
60.	Branly	El. 14. 78	„	Vergleich der Nervenleitung mit der diskont. elektrischen Leitung.
61.	„	R. 21. 19	„	Elektrische Leitfähigkeit der Radiokonduktoren.
62.	„	C. R. 127. 1206	„	Radiokonduktoren aus Gold- und Platinfeilicht.
63.	Dorn	A. 66. 146	„	Beobachtungen an Frittröhren.
64.	v. Gulik	A. 66. 136	„	Über die Ursache der von Branly entdeckten Widerstandsänderungen.
65.	Hemptinne	Z. 25. 284	„	Über die Zersetzung einiger Stoffe unter dem Einfluss elektrischer Schwingungen.
66.	Leppin	A. 65. 885	„	Wirkungen verschiedener Wellen auf den Kohärer.
67.	Malagoli	N. C. 8. 109	„	Photographische Untersuchungen an Metallpulvern.
68.	Tommasina	C. R. 127. 1014	„	Über die Adhärenz der Metallspäne unter elektrischen Einwirkungen.
69.	Veillon	G. 5. 416	„	Erfahrungen mit dem Kohärer.
70.	Aschkinass	A. 67. 842	1899	Über die Wirkung elektrischer Schwingungen auf benetzte Kontakte.
71.	Bose	E. T. Z. 20. 688. E. 43. 441. R. S. 65. 166	„	Die Kohärerwirkung verschiedener Metalle.
72.	Branly	C. R. 128. 1089	„	Radiokonduktoren aus Metallkugeln.
73.	„	J. 8. 274	„	Radiokonduktoren aus Metallscheiben.
74.	Broca	R. G. 10. 507	„	Die Organe der Telegraphie ohne Draht.
75.	Malagoli [der	N. C. 10. 279	„	Über die Wirkungsweise des Kohärers.
76.	Neugschwen-	A. 67. 430 u. 68. 92	„	Eine neue Methode, elektrische Wellen nachzuweisen.
77.	Schirmeisen	N. R. 14. 348	„	Zur Theorie der Kohärer.
78.	Smith	N. 60. 436	„	Ein Empfänger für Hertzsche Wellen.
79.	Sundorph	A. 68. 594	„	Über die Ursache zu der Veränderung der Leitungsfähigkeit eines Metallpulvers.
80.	„	A. 69. 319	„	Die Ursache der Veränderung des Leitungsvermögens von PbO_2.
81.	Tommasina	C. R. 128. 666	„	Über einen sehr empfindlichen Kohlenkohärer.
82.	„	C. R. 128. 1092	„	Über die Erzeugung elektrolytischer Ketten.
83.	„	C. R. 128. 1225. N. C. 10. 283	„	Über die Anwendung der magnetischen Wirkung beim Kohärer.
84.	„	C. R. 129. 40. N. C. 10. 223	„	Über die Natur und Ursache der Kohärererscheinung.
85.	Trowbridge	E. 43. 759	„	Quantitative Forschungen am Kohärer.
86.	Bose	R. S. 66. 452	1900	Über die Empfindlichkeit verschiedener Substanzen gegen elektrische Strahlen.
87.	Branly	C. R. 130. 1068	„	Widerstandsvermehrung der Radiokonduktoren.
88.	„	Ph. 1. 505	„	Die Radiokonduktoren (Bericht von Dr. Simon).
89.	Campanile, Ciomme	Ph. 1. 356	„	Beitrag zur Kenntnis der Kohärer.
90.	Drago	Acad. Catania (Sep.) B. 24. 1208	„	Untersuchungen über die Wirkung von Schallwellen auf den Kohärer.
91.	Guthe, Trowbridge	Ph. R. 11. 22	„	Über die Theorie des Kohärers.
92.	Härdén	E. T. Z. 21. 272. P. 13. 294	„	Untersuchungen über die Wirkungsweise des Fritters.
93.	Lamotte	El. 22. 481	„	Kohärer oder Radiokonduktoren.
94.	Marcucci	N. C. 11. 173	„	Wirkung von schwachen Strömen auf den Kohärer.
95.	Mizuno	Ph. M. 50. 445	„	Über die Wirkungsweise der Kohärer.
96.	Tommasina	C. R. 130. 904. G. 9. 498	„	Über die Selbsteinstellung der Kohlenkohärer.

III. Theoretische und praktische Verwendung des Fritters.

97.	Croft	Chem. Soc. 68. 219	1893	Elektrische Strahlen in Kupferfeilspänen.
98.	Le Royer, van Berchem	G. 31. 558	1894	Messung der Wellenlänge durch die Widerstandsänderung metallischer Feilspäne.
99.	Thomson	E. 33. 304	„	Hertzsche Wellen im Laboratorium.
100.	Biernacki	A. 55. 599	1895	Eine einfache objektive Darstellung der Hertzschen Spiegelversuche.
101.	Branly	J. 4. 273	„	Anwendung der Feilichtröhren zum Studium der elektrischen Interferenzen.
102.	Bose	R. S. (Sep.)	1896	Über die Bestimmung der Wellenlänge elektrischer Strahlen durch ein Beugungsspektrum.
103.	Lampa	A. 61. 79	„	Über den Brechungsquotient einiger Substanzen für sehr kurze elektrische Wellen.
104.	v. Lang	A. 57. 430	„	Interferenzversuche mit elektrischen Wellen.
105.	Popoff	E. 40. 235. E. T. Z. 18. 797	„	Apparat zur Feststellung und Registrierung elektrischer Schwingungen.
106.	Bose	Ph. M. 43. 55	1897	Elektromagnetische Strahlung und die Polarisation der elektrischen Strahlen.
107.	„	C. R. 124. 676	„	Über einen vollständigen Apparat zur Untersuchung der elektrischen Wellen.
108.	Branly	C. R. 125. 939	„	Über die elektrische Leitfähigkeit diskontinuierlicher Substanzen in Bezug auf die Telegraphie ohne Draht.
109.	Brown	E. 40. 91	„	Die praktische Anwendung des Kohärers.
110.	Gutton	C. R. 125. 569	„	Über die Form der Kraftlinien in der Nähe eines Hertzschen Resonators.
111.	Marconi	E. T. Z. 18. 506. E. 39. 847. Fahie, Wirel. tel. S. 296		Patentschrift vom Juni 1896, veröffentlicht im August 1897.
112.	Slaby	Berlin	„	Die Funkentelegraphie.
113.	Behrendsen	A. 66. 1024	1898	Über die Benutzung des Kohärers zu Versuchen mit elektrischen Wellen.
114.	Cantor	W. A. 107. Abt. IIa. E. T. Z. 20. 223	„	Über die Entladungsform der Elektrizität in verdünnter Luft.
115.	Drude	A. 65. 481	„	Messung der elektrischen Wellenlängen mit Interferenzröhren.
116.	„	A. 65. 499	„	Absorption elektrischer Wellen durch Wasser.
117.	Ducretet	C. R. 126. 1266	„	Über die Telegraphie ohne Draht mit der Branlyschen Röhre.
118.	Gutton	G. 6. 549	„	Über die elektromagnetischen Schirme.
119.	Hull	E. 40. 357. Ph. R. 5. 231	„	Der Kohärer im Studium der elektrischen Wellen.
120.	Latrille	A. 65. 408	„	Über die elektrodynamischen Spaltwirkungen.
121.	Murani	N. C. 8. 36	„	Studium der elektrischen Wellen mit dem Kohärer.
122.	Pasquini	N. C. 7. 153	„	Über die Doppelbrechung der elektrischen Strahlen in den Krystallen.
123.	Voisenat	El. 14. 166 u. 14. 302	„	Geschichte der Telegraphie ohne Draht.
124.	Blondin	El. 18. 81 u. 18. 100	1899	Telegraphie mit Hertzschen Wellen. Synthon. System.
125.	Branly, Le Bon	C. R. 127. 43	„	Schutzwirkung der Metallhüllen.
126.	„	C. R. 128. 879. El. 19. 237	„	Über die Absorption elektrischer Wellen durch nichtmetallische Körper.
127.	Branly	C. R. 129. 672. El. 21. 317	„	Durchgang der Hertzschen Wellen durch Flüssigkeiten.
128.	Broca	Paris	„	La télégraphie sans fils.
129.	Fahie	London	„	A history of wireless telegraphy.
130.	Gutton	C. R. 128. 1508	„	Die Geschwindigkeit elektrischer Wellen in Luft und längs Drähten.
131.	Mac Lean	Ph. M. 48. 115	„	Geschwindigkeit elektrischer Wellen in der Luft.
132.	Lodge	London	„	Signalling across space without wires. (3. Auflage von The work of Hertz.)
133.	„	El. 19. 28 u. 19. 61	„	Die Telegraphie durch elektromagnetische Induktion.
134.	Voisenat	El. 19. 23 u. 19. 52	„	Die Telegraphie ohne Draht.
135.	Blondel, Dobkévith	C. R. 130. 1123	1900	Über die Empfindlichkeit der Kohärer bei der drahtlosen Telegraphie.
136.	Tissot	C. R. 130. 902 u. 130. 1386	„	Über die Anwendung neuer Radiokonduktoren für die Telegraphie ohne Draht.
137.	Slaby	E. T. Z. 22. 38.	1901	Abgestimmte und mehrfache Funkentelegraphie.

(Nach einem Vortrage zu Berlin am 22. Dezember 1900.)

(Eingegangen 16. Februar 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

E. Lecher (Prag), Der Faradaysche Rotationsversuch und die unipolare Induktion.

Den Vortrag vgl. diese Zeitschrift **2**, 62, 1900.

Diskussion.

W. König (Greifswald). Ich möchte mich zunächst dagegen verwahren, bei dieser Gelegenheit als Vertreter der alten Fernwirkungstheorie ausgespielt zu werden. Um einen Streit der alten und der neuen elektrischen Theorien handelt es sich in dem vorliegenden Falle gar nicht, sondern nur um die Fassung der elementaren Darstellung, wie sie in den Lehrbüchern von den unipolaren Induktionsversuchen ge-

geben wird. Die Streitfrage selbst ist in der Hauptsache wohl ein Streit um Worte; denn die experimentellen Thatsachen sind ja klar, und ich glaube, dass jede der beiden Darstellungsweisen, wenn sie nur konsequent und vollständig durchgeführt wird, zum richtigen Resultate führen wird. Eben darum muss ich aber entschieden bestreiten, dass irgend einer dieser Versuche für eine der beiden Anschauungen entscheidend sein könnte. Ich glaube, das in meiner Abhandlung in den Annalen nachgewiesen zu haben, und möchte hier nur noch einmal betonen, dass man bei der üblichen Darstellung nicht nur die Wirkung des Stromes auf den Pol, sondern auch die Rückwirkung des Poles auf den Strom in Rücksicht nehmen muss. Thut man das, so kommt man nach meiner Ansicht immer auf das richtige Resultat. Das im einzelnen auszuführen würde hier wohl zu weit führen.

Lecher. Ich stimme nicht mit Herrn König überein, ich glaube, dass seine Darstellungsweise zu Schwierigkeiten führt.

Warburg (Berlin). Ich habe auch die Vorstellung von Herrn Preston gelesen, dass, wenn ein Magnet um seine Achse rotiert, dann die Kraftlinien mit rotieren. Das erscheint mir ganz unmöglich. Die Kraftlinie giebt doch nur die Richtung der Kraft an, und wie kann diese rotieren, wenn die Kräfte überall ungeändert bleiben? Die Faradaysche Anschauung scheint mir hier ganz zwingend.

Lorentz (Leiden). Die Frage, ob die Kraftlinien rotieren, kann nur Bedeutung haben, wenn man sich eine bestimmte Vorstellung von der Kraftlinie macht; wenn sie nur die Richtung der Kraft angeben soll, so steht es natürlich, wenn das Feld um die Achse herum symmetrisch ist, frei, die Linien mit rotieren zu lassen, oder nicht. Wenn man aber der Kraftlinie eine gewisse Selbständigkeit zuschreibt, wie z. B. in der Theorie der elektrischen Kraftlinien von J. J. Thomsen, so könnte die Rotation eine Bedeutung haben.

Warburg. Es wäre mir sehr interessant, irgend etwas, was einer solchen selbständigen Bedeutung der Kraftlinien ähnlich wäre, kennen zu lernen.

Lorentz. Ich habe die Vorstellung von Thomson, die sich übrigens auf elektrische Kraftlinien bezieht, nicht so gegenwärtig, dass ich dieselbe genau auseinandersetzen könnte.

Sommerfeld (Aachen). Ich habe bei Thomson nicht verstanden, wie er eine Kraftlinie so charakterisieren und benennen will, dass er sie immer als dieselbe wiedererkennen kann.

Mie (Karlsruhe). Man fasst das magnetische Feld auf als die Summe eines Zustandes im Äther und eines Zustandes in der Materie. M. E. müsste man sagen, wenn sich Materie bewegt, bewege sich der an sie gebundene Teil der Kraftlinien mit, während der Teil, der dem Äther angehört, ruht. Wenn sich z. B. Eisen bewegt, so bewegt sich in seinem Innern nahezu das ganze Kraftfeld mit, während es aussen in Ruhe ist, so dass also an der Grenzfläche eine Scherung der Kraftlinien eintritt.

Lecher. Ich meine, physikalisch ist es nicht gleichgültig, ob die Kraftlinien sich mit bewegen oder nicht. Stehen sie fest, so schneidet der Magnet bei einer Rotation die Kraftlinien und ladet sich elektrostatisch. Wenn ich einen Magneten tordiere, was wird da mit den Kraftlinien?

Reinganum (Münster). Ergiebt sich nicht vielleicht aus der Theorie der bewegten Körper eine Aussage über die Bewegung der Kraftlinien? Ob da nicht vielleicht ein Einfluss des Verhältnisses der Geschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit herauskommt?

Lorentz. Wenn man die Theorie entwickelt, so nähert man sich der älteren Clausiusschen Theorie. Gerade über die Erscheinungen der unipolaren Induktion hat früher eine Diskussion stattgefunden, ob sie besser nach der Clausiusschen oder nach der Weberschen Theorie zu erklären sind, und es hat sich schliesslich herausgestellt, dass beide Theorien in gleich guter Weise ausreichen. — Was nun die Frage des Herrn Reinganum betrifft, so möchte ich sagen: wenn der Äther ganz in Ruhe bleibt, und die Kraftlinie nur die Richtung der magnetischen Kraft bestimmen soll, so kann ich natürlich willkürlich sagen, ich lasse sie feststehen, oder ich kann sie sich drehen lassen. Ich glaube, da hängt viel von der willkürlichen Festsetzung ab, was man eigentlich unter Kraftlinien verstehen will.

Reinganum. Es kommt doch bloss darauf an, ob unter Umständen Induktionswirkungen durch die Drehung der Kraftlinien hervorgerufen werden. Es hat also die Frage vielleicht doch eine physikalische Bedeutung.

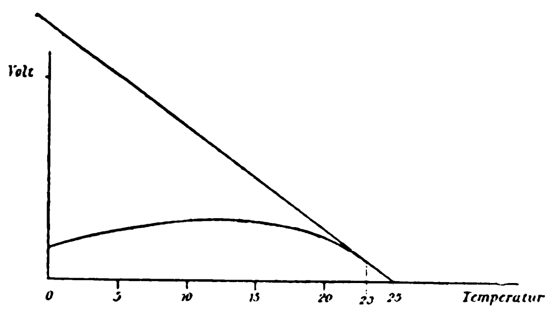
Lorentz. Das kommt darauf an, ob man Induktion immer mit Kraftlinien zusammenbringen will; da ist also doch immer etwas Willkürliches.

(Von den Beteiligten durchgesehenes Stenogramm von B. Borchardt.)

Emil Cohen (Amsterdam), Über die Unbrauchbarkeit der Weston-Kadmiumelemente als Normale der elektromotorischen Kraft.

Zur Bestimmung der Wärmetönung, welche eintritt, wenn dem in den Weston-Elementen benutztem Amalgam $Cd : Hg = 1 : 6$ ein g·

Atom Cd entzogen wird, wurde die elektromotorische Kraft einiger Elemente vom Schema Cd — verdünnte $CdSO_4$ + Lösung — Cd-Amalgam (14,3 Proz. Cd) nach der Poggendorffschen Kompensationsmethode gemessen. Es zeigt sich, dass verschiedene Elemente bei 25^0 gut miteinander übereinstimmende Mittelwerte von 0,04993 Volt liefern, während bei 0^0 entweder der Wert von 0,05576 oder 0,05092 Volt erhalten wird. Diese Beobachtung führt zur Vermutung, dass das im Element benutzte Cd-Amalgam in einer stabilen und metastabilen Modifikation existiere. Zur genaueren Feststellung wurden zwei Elemente, deren elektromotorische Kraft bei 0^0 um 5 Millivolt verschieden war, zwischen 0 und 25^0 gemessen und geben die erhaltenen Werte folgendes graphische Bild.



Das untersuchte Cd-Amalgam kann also unterhalb 23^0 in zwei verschiedenen Modifikationen bestehen. Wie weiterhin angestellte Versuche lehren, gilt die Formel von Jaeger und Wachsmuth

$$E_t = E_{20} - 3.8 . 10^{-5}(t-20) - 0{,}065 . 10^{-5}(t-20)^2$$

nur für metastabile Elemente.

Die Formel, welche von der Reichsanstalt gegeben worden ist für die elektromotorische Kraft der Weston-Elemente in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur, verliert somit, mit Hinsicht auf die Metastabilität der benutzten Kadmiumamalgamelektroden ihren Wert und ist nur brauchbar zwischen 23 und 26^0 (bis 26^0 gilt nur die Temperaturformel der Reichsanstalt).

Das gleiche gilt für die Elemente, die von der European Weston Electrical Instrument Co. geliefert werden, d. h. für Elemente von dem Schema

Cd-Amalgam — Kadmiumsulfatlösung — $HgSO_4$ — Hg gesättigt bei 4^0

S. Oppenheimer.

(Eingegangen 25. Januar 1901.)

Diskussion.

Quincke (Heidelberg): Hat der Vortragende auf die Existenz der metastabilen Zustände geschlossen bloss aus dem elektromotorischen Verhalten oder noch aus anderen physikalischen Eigenschaften?

Cohen: Ich habe mich auch der dilatometrischen Methode bedient.

Quincke: Haben Sie gefunden, dass diese metastabilen Zustände der Amalgame durch Impfen oder Kontakt mit andern in stabile überzuführen waren?

Cohen: Darüber liegen keine Versuche vor.

Quincke: Es besteht die Möglichkeit, dass das Verhalten ein anderes würde, wenn man das Kadmium-Amalgam in Kontakt mit einem Platindraht brächte. Haben Sie das beobachtet oder halten Sie das für möglich?

Cohen: Das ist wohl nicht nötig; denn es wird ja auch so schliesslich konstant.

Quincke: Ich habe nicht das Glück gehabt, dass bei den Clark-Elementen diese konstant geworden sind. Vielleicht liegt das auch an mir, dass ich nicht so genau arbeite, wie vielleicht andere Herren. Es wäre möglich, dass auch die Inkonstantheiten bei den Clark-Elementen daher rührten. Allerdings habe ich stets mit sehr verdünnten oder sehr konzentrierten Lösungen gearbeitet.

Warburg (Berlin): Das Kadmium-Element ist nach den Ausführungen des Vortragenden bei 23^0 doch ein Normalelement, und das ist nicht unwichtig. Wie verhält es sich nun bei 18^0, einer Temperatur, die man doch leicht haben kann?

Cohen: Die Abweichung würde sein 3 bis 4 Zehntel Millivolt.

Warburg: Das käme praktisch schon wenig in Betracht, das wäre $^1/_2$ pro Mill. Das praktische Resultat wäre also, dass man es bei 18^0 etwa brauchen kann, und dann darf man nicht sagen, es ist unbrauchbar, wie die Überschrift des Vortrags lautet.

Cohen: Sie haben Recht, bei 23^0 und oberhalb dieser Temperatur ist es gut zu brauchen. Aber die Frage ist doch, man will ein Element haben, das besser ist, als das Clark-Element. Will man es bei 18^0 benutzen, so besteht die Schwierigkeit, dass dann sich das metastabile Amalgam wieder bildet. Man müsste es immer wieder erst auf 23^0 erwärmen und längere Zeit auf 23^0 halten.

Warburg: Ich meine aber, die Unterschiede sind zu vernachlässigen; man kann es so, wie es ist, bei 18^0 benutzen.

Cohen: Ja wohl.

(Von den Beteiligten durchgesehenes Stenogramm von B. Borchardt.)

REFERATE.

Geophysik.

Besorgt von Prof. Dr. E. Wiechert.

A. Schuster, Das Periodogramm der magnetischen Deklination nach den Greenwicher Beobachtungen der Jahre 1871—95. Cambridge, Phil. Trans. **18**, 107—135, 1899.[1])

Der Titel vorliegender Arbeit verrät nur dem engeren Fachmanne, der die früheren diesbezüglichen Betrachtungen Schusters kennt, was sie enthält. Wenn sie auch in erster Linie für die Kreise bestimmt ist, welche sich mit der Erforschung der physikalischen Natur geophysischer periodischer Erscheinungen beschäftigen, hat sie doch auch nach zwei anderen Richtungen hin eine besondere Bedeutung, und zwar eine rein physikalische wegen ihrer Analogie mit der Intensitätsverteilung im Spektrum und eine mathematische wegen der eigenartigen Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Die meisten geophysikalischen Beobachtungsreihen haben in dem rohen Zustande, wie sie die blossen Mittelwerte ergeben, nicht die Eigenschaft, dass ihr Mittel der wahrscheinlichste Wert ist. Es sind oft Einflüsse vorhanden, die einseitig wirken, nur zeitweilig vorhanden (sogen. diskontinuierliche Verläufe) und von geringer Regelmässigkeit sind. Die sonst so ausgesprochene Periodizität der Variationen kann dadurch nach zwei Richtungen entstellt werden: es wird die Amplitude und es wird die Periodenlänge „deformiert" (letzterer Ausdruck, um nicht mit dem Begriff „Störung" in Konflikt zu kommen). Es ist die Aufgabe, die wahrscheinlichsten Werte beider zu ermitteln und zwar unabhängig vom Gaussischen Fehlergesetz.

Hierzu führt Schuster den Begriff des „Periodogramms" ein.

Die Koeffizienten einer Funktion, die sich überhaupt nach Fourier entwickeln lässt, sind u. a. eine Funktion der zu Grunde gelegten Periode. Wählt man die Form der Reihe, wo Sinus und Kosinus der Vielfachen des Winkels auftreten, so geben die zu einem Vielfachen gehörigen beiden Koeffizienten ein Charakteristikum für die Welle der betreffenden Ordnung ab. Ist die Ordnung durch n bezeichnet und τ eine (schon genährte) beliebige Periode, T ein variabeles Zeitstück, so ist bei einer Periode $\tau + nT$

$$\tfrac{1}{2}\, n\, T A = \int_{\tau}^{\tau + nT} f(t) \cos x\, t\, dt$$

$$\tfrac{1}{2}\, n\, T B = \int_{\tau}^{\tau + nT} f(t) \sin x\, t\, dt$$

wo A und B die Koeffizienten.

Für eine bestimmte Ordnung ist n konstant, A und B sind also nur Funktionen von $\tau + nT$, d. h. von T.

Schuster betrachtet nun die Funktion

$$R^2 = A^2 + B^2.$$

Ist S^2 das Mittel von R^2 für alle T und zieht man mit S^2 als Abscisse und T als Ordinate eine Kurve, so nennt diese Schuster den „Periodograph" und den Flächeninhalt zwischen ihm und der T-Achse das „Periodogramm". Dieser Periodograph entspricht vollkommen der Verteilung der Amplitude in der Fokalebene im Spektrum homogenen Lichtes.

Auf dies sei hier zunächst eingegangen. Hierzu sei $f(t)$ eine einfache Welle $f(t) = \cos (gt + \delta)$. In diesem Falle nimmt R die Gestalt an

$$R = \frac{2}{g^2 - x^2} \sin \tfrac{1}{2} g \left[2 (g^2 + x^2) + 2 (g^2 - x^2) \cos 2\delta\right]^{\frac{1}{2}}.$$

Nun hat man das Mittel von R^2 für alle τ zu bilden; führt man dann noch ein $\gamma = \pi n \frac{g - x}{x}$ so ergiebt sich S nach

$$S = \frac{\sqrt{2 (g^2 + x^2)}}{g + x} \; \frac{\sin \gamma}{\gamma},$$

was nur dann beträchtlichen Wert hat, wenn g und x wenig voneinander verschieden sind. Es ist dann

$$S = \frac{\sin \gamma}{\gamma}$$

zu setzen. Diese selbe Formel giebt aber die Verteilung der Amplitude im Spektrum von homogenem Licht, das durch ein Prisma oder ein Gitter analysiert wird. Es tritt statt der Ordnung n der Welle die Anzahl der Linien im Gitter auf. Geradeso also, wie homogenes Licht im Spektrum inhomogen erscheint, so stellen sich bei der harmonischen Analyse periodischer Erscheinungen mehrere Periodenlängen heraus mit Maximis, die in der Nähe des Hauptextrems liegen. Ist dies auch nur eine Analogie, so eröffnet sie doch einen neuen Gesichtspunkt, von dem aus man das Arbeiten der Fourierschen Reihe bei der Darstellung von Beobachtungen betrachten kann. —

Geophysikalische Beobachtungen bestehen meist aus N getrennten, äquidistanten Werten. Folgen dieselben dem Fehlergesetz, so ist die

1) Vgl. hierzu diese Zeitschr. **2**, 363, 1901.

Wahrscheinlichkeit, dass ein Wert zwischen β und $\beta + d\beta$ liegt $\frac{2\,Nh}{\sqrt{\pi}}\, e^{-h^2\beta^2}\, d\beta$ und für diesen Fall ist der Periodograph $S^2 = \frac{2}{Nh^2}$, d. h. eine zur Periodenachse parallele Gerade. Aber, wie gesagt, ist das Fehlergesetz in den meisten Fällen nicht erfüllt, dann ermöglicht das Periodogramm, die wahren von den Interferenzwellen zu trennen. Die Ordinaten des Periodogramms sind nämlich von dem Zeitintervall, über das die Integration erstreckt ist, nur dann unabhängig, wenn die Periode eine wahre, dagegen umgekehrt mit T variabel, wenn die Periode lediglich eine Rechengrösse ist.

Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Fourierscher Koeffizient zwischen ϱ und $\varrho + d\varrho$ liegt, ist $Nh \cdot e^{-\frac{1}{2}Nh^2\varrho^2}\varrho\, d\varrho$ und mithin der wahrscheinlichste Wert für sein Quadrat

$$\int_0^\infty \varrho^2\, Nh^2\, e^{-\frac{1}{2}Nh^2\varrho^2}\varrho\, d\varrho = \frac{2}{Nh^2},$$

also definitionsgemäss $= S^2$. Nennt man diese Wahrscheinlichkeit E, so ist die, dass ϱ^2 $\varkappa$ mal grösser ist, gleich $e^{-\varkappa}$ und zwar auch ohne Gültigkeit des Fehlergesetzes. Dies giebt für das praktische Rechnen das Mittel an die Hand, die Realität eines gewissen Amplitudenwertes und damit der zu seiner Berechnung zu Grunde gelegten Periode zu kritisieren. Es muss eben die Wahrscheinlichkeit für $\varkappa S^2$, die $e^{-\varkappa}$ ist, in einem Masse von der theoretischen verschieden sein, das den Anforderungen genügt. Ist man mit einer Wahrscheinlichkeit von $\frac{1}{1000}$ zufrieden, so mag die Realität bei einem Werte für ϱ^2 beginnen, der 7 mal den wahrscheinlichen übertrifft.

Das ist in den grossen Grundzügen das Verfahren, mit dessen Hilfe Schuster die Darstellung durch Fouriersche Reihen zu einer sinngemässen machen will. Ihre Anwendung in der Praxis findet sie dort, wo die Länge der zu Grunde zu legenden Periode nur genähert bekannt ist. Es sind dies in erster Linie geophysikalische Variationen, die mit der Sonnenrotation oder der Sonnenfleckenperiode zusammenhängen, dann aber auch solche, wo eine beeinflussende Urperiode nicht bekannt ist, wie z. B. Klimaschwankungen, Bewegungen der Erdachse, säkulare Variationen u. a. m.

In vorliegender Arbeit wird aufs neue gezeigt, dass für den täglichen Verlauf der Variation der Deklination eine reale Abhängigkeit von der Sonnenrotation nicht festzustellen ist (vgl. diese Zeitschr. **2**, 108, 1900), dagegen aber eine mit der Mondrotation. A. Nippoldt jun.

(Eingegangen 30. Januar 1901.)

Technische Mechanik.

Besorgt von Prof. E. Meyer.

J. J. Guest, Über die Festigkeit dehnbarer Materialien bei zusammengesetzter Beanspruchung. Philosophical Magazine, Juli 1900.

Der Verfasser untersucht dünnwandige Rohre aus Stahl, Kupfer und Messing von 32 mm Dchm. im Mittel und 0,6 bis 0,9 mm Wandstärke auf ihr Verhalten an der Fliessgrenze, wenn sie folgenden Spannungen unterworfen sind:

Zug allein, Torsion allein, Innendruck allein, Zug und Torsion, Torsion und Innendruck, Zug und Innendruck. Verfasser geht von der Ansicht aus, dass das Verhalten der Materialien an der Fliessgrenze den besten Anhalt für Festigkeitsrechnungen bietet, indem er annimmt, dass das Hookesche Gesetz bei vorzüglich homogenem Material bis zur Fliessgrenze gelten müsse, und dass das Aufhören der Proportionalität vor derselben lediglich auf verfrüht eintretende lokale Fliesserscheinungen zurückzuführen sei. Um nun eine möglichst gleichmässige Verteilung der Spannung über den Querschnitt, insbesondere auch bei Torsionsbeanspruchung, herbeizufuhren, wählt Guest als Versuchskörper dünnwandige Rohre.

Das Drehmoment wird durch Gewichte, die an einem doppelarmigen Querhebel wirken, in der Weise hervorgerufen, dass das gleichzeitige Auftreten eines Biegungsmomentes möglichst vermieden wird, da schon ein sehr geringer Betrag desselben die Spannungsverteilung sehr ungünstig beeinflussen würde. Zur Messung der Formänderungen bedient sich der Verfasser dreier eigens konstruierter Spiegelablesevorrichtungen, die eine ausserordentlich grosse Genauigkeit der Ablesungen zulassen; zur Messung der hohen Flüssigkeitsdrucke im Innern der Rohre, bezw. zur Kontrolle der käuflichen Manometer dient ein ebenfalls neu konstruiertes Spiralrohrmanometer.

Als Resultat der Versuche mit Stahlrohren ergab sich folgendes:

Die Fliesserscheinung hängt weder von der grössten Hauptspannung, noch von der grössten Hauptdehnung ab, sondern tritt ein, wenn die aus den aufgebrachten Belastungen zu berechnende grösste Schubspannung, bezw. die dadurch hervorgerufene Schiebung einen gewissen Höchstwert erreicht; die grösste Schubspannung und die grösste Schiebung sind einander proportional.

Das Verhältnis von Torsionsspannung und Zugspannung, welche allein wirkend an der Fliessgrenze liegen, war im Mittel 0,52.

Bei Zugbeanspruchung in zwei Richtungen (z. B. bei Zug und Innendruck) ist die kleinere der beiden Hauptspannungen ohne merklichen

Einfluss auf die Fliessgrenze. Bei den Kupfer- und Messingrohren ist die Fliessgrenze sehr verschleiert, doch scheint auch für diese Materialien das Gesetz zu gelten, dass das Eintreten des Fliessens von einer gewissen Höhe der maximalen Schubspannung abhängig ist.

Bemerkenswert ist, dass auf dieser Grundlage das ideelle Biegungsmoment für den Fall gleichzeitiger Biegung und Drehung den Wert $\sqrt{M_b^2 + M_d^2}$ annimmt, also nicht unerheblich grösser ist als das übliche $\frac{3}{8} M_b + \frac{5}{8}\sqrt{M_b^2 + M_d^2}$, welches auf Grund der Anschauung gewonnen ist, dass das Material nur eine gewisse maximale Dehnung erfahren darf. P. Roth.

(Eingegangen 15. Januar 1901.)

BESPRECHUNGEN.

Wilhelm Zenker, Lehrbuch der Photochromie (Photographie der natürlichen Farben). Neu herausgegeben von Prof. Dr. B. Schwalbe. Mit dem Bildnis des Verfassers und einer Spektraltafel. XIII u. 157 Seiten. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1900. Preis M. 4.—.

Die Neuauflage des bisher schwer zugänglichen Zenkerschen Lehrbuches wird von allen mit freudigem Danke begrüsst werden, welche sich mit dem auf photographischem Gebiet im Vordergrunde des Interesses stehenden Problem der Wiedergabe der natürlichen Farben beschäftigen. Zenkers Buch ist nicht nur in praktischer Hinsicht — wegen der zahlreichen, auf eigene Erfahrung gestützten Anweisungen zur Herstellung von Photochromien —, sondern auch aus theoretischen und historischen Gründen für Physiker und Photochemiker in gleicher Weise interessant: gebührt doch Zenker das Verdienst, die Theorie der Entstehung von Farben durch stehende Lichtwellen aufgestellt zu haben, welche, nach Jahrzehnte langer Nichtbeachtung, durch Wieners grundlegende Arbeiten und durch die sich an diese anschliessenden wichtigen Untersuchungen von Lippmann, Meslin, Neuhauss u. a. zu Ehren gekommen ist, wenn sie auch — besonders auf Grund der Studien Wieners über Körperfarben — in manchen Punkten modifiziert und erheblichen Einschränkungen unterworfen werden musste. — Prof. Krech hat dem Zenkerschen Lehrbuch einen Lebenslauf und ein Verzeichnis der sich auf zoologischem, physikalischem und meteorologischem Gebiet bewegenden zahlreichen wissenschaftlichen Abhandlungen des Verfassers, Oberlehrer Tonn, eine sorgfältig bearbeitete Übersicht über die Weiterentwickelung der Photochromie seit 1868 beigegeben. — Möge durch die Neuauflage des Zenkerschen Buches dem 1899 verstorbenen verdienstvollen Forscher, der trotz schwerer Lebenskämpfe stets von selbstlosem, wissenschaftlichem Streben erfüllt war, ein dauerndes Denkmal geschaffen sein! K. Sch.

(Eingegangen 26. Februar 1901.)

Personalien.

Der Professor der Physik an der Universität Marburg Geheimrat Professor Dr. Franz Emil Melde ist am 17. März im 70. Lebensjahr verstorben. (Geboren 11. März 1832 zu Grossenlüder bei Fulda.)

Aus Anlass des achtzigsten Geburtstages des Prinzregenten Luitpold von Bayern wurde dem Direktor der Technischen Hochschule in München, Professor der Mathematik Dr. Walter Dyck der persönliche Adel und dem ordentlichen Professor der Maschinenbaukunde an der Technischen Hochschule in München Otto v. Grove der Titel eines Geheimen Rates verliehen.

Geheimer Bergrat Professor der Physik Dr. Weisbach an der königlichen Bergakademie in Freiberg ist an Herzschlag gestorben.

Der Direktor der königlichen meteorologischen Zentralstation und Privatdozent an der Universität München Dr. Friedrich Erk ist zum Honorarprofessor in der philosophischen Fakultät ernannt worden.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1901.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimentalphysik II; Physik in mathemat und experimenteller Behandlungsweise, ausgewählte Teile; Übungen im physikalischen Laboratorium, a) für Elektrotechniker und Chemiker, b) für Physiker. — **M. Wien**: Experimentalphysik enz. Kurs; Theorie der Elektrochemie. — **Polis**: Meteorologie; Übungen im meteorologischen Observatorium; Meteorologische Technik. — **Grotrian**: Allgemeine Elektrotechnik; Theoretische Elektrotechnik; Elektrotechnisches Praktikum. — **Rasch**: Elektrische Starkstromanlagen; Elektrische Konstruktionsübungen; Elektr. Arbeitsübertragung. — **Herrmann**: Mechanische Technologie I und II; Fabrikanlagen und Arbeitsmaschinen. — **Junkers**: Arbeiten im maschinentechnischen Laboratorium. — **Köchy**: Lokomotivbau I und II; Eisenbahnmaschinenbau; Maschinenelemente; Eisenbahnwagenbau. — **Lüders**: Maschinenkunde (f. Berg- und Hüttenleute), I und II. — **Lynen**: Maschinenbau; Maschinenkonstruieren, a) für Maschineningenieure, b) für Elektrotechn. — **Pinzger**: Theoretische Maschinenlehre I und II; Kinematik. — **Bredt**: Experimentalchemie: Organischer Teil; Organisches Praktikum. — **Classen**: Chemie der Metalle; Anorganisches Praktikum, Praktikum für qualitative und quantitative Analyse, spez. analytische Methoden, quantitative Analyse durch Elektrolyse, Mass-, Gas-, Spektralanalyse, Darstellung anorganischer Präparate, Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der analytischen und anorganischen Chemie; Elektrochemisches Praktikum, Darstellung von Chemikalien mittels Elektrolyse, Galvanoplastik u. s. w.; Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie. — **Stahlschmidt**: Technische Chemie; Entwerfen chemischer Fabrikanlagen; Chemisch-technisches Praktikum. — **Danneel**: Elektrochemie II; Repetitorium der Elektrochemie. — **Jürgens**: Höhere Mathematik II mit

Übungen; Algebraische Analysis; Mathematisches Seminar. — **Kötter**: Darstellende Geometrie; Elemente der darstellenden Geometrie. — **v. Mangoldt**: Höhere Mathematik I, mit Übungen; Elemente der analytischen Geometrie, der Differential- und Integralrechnung mit Übungen. — **Sommerfeld**: Mechanik I und II. —

Universität Basel.

Hagenbach-Bischoff: Experimentalphysik I, 6; Behandlung physikalischer Aufgaben im mathematischen Seminar, 2 *g*; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Veillon), 2. — **Von der Mühll**: Einleitung in die mathematische Physik, mit Übungen, 5; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Repetitorium ausgewählter Kapitel der Experimentalphysik, 2. — **Kahlbaum**: Allgemeine physikalische Chemie I (mit histor. Einleitung), $1^1/_2$; Kolloquium über theoretische Chemie, 3 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Piccard**: Experimentalchemie I (anorganische Chemie), 5; Analytische Übungen (mit Fichter), 9; Organisches und anorganisches Vollpraktikum (mit Fichter), tägl. — **Nietzki**: Organisches Vollpraktikum (mit Rupe), tägl.; Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der aromatischen Verbindungen, 3; Chemisches Kränzchen (mit Rupe), 1 *g* — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, mit Übgn., 4; Technisch-analytisches Praktikum, tägl. — **Rupe**: Hydrozyklische Verbindungen, 1; Chemisches Kränzchen (mit Nietzki), 1. — **Fichter**: Stickstoffhaltige Ringe, 1 *g*; Organisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Kinkelin**: Differential- und Integralrechnung II, 3; Algebraische Analysis, 3; Wahrscheinlichkeits- und Versicherungsrechnung, 3. — **Flatt**: Praktische Geometrie, 2. — **Riggenbach**: Luftelektrizität und Erdmagnetismus, 3; Astronomische Übungen, 2. —

Universität Berlin.

E. Warburg: Experimentalphysik II: Licht und Elektrizität, 5, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Praktische Übungen im Laboratorium, a) für Geübtere, tägl., b) für Anfänger (mit Blasius), an zwei Nachmittagen, c) für Pharmazeuten (mit Starke), $3^1/_2$. — **Fock**: Einleitung in die Chemie und Physik, 1. — **Weinstein**: Grundlagen der Physik und Chemie, 1 *g*; Theorie der Gase, 3. — **Planck**: Mechanik deformierbarer Körper, 4, Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik VI, 4, Übungen, 1 *g*. — **Behn**: Repetitorium der Experimentalphysik, 1. — **Neesen**: Mechanische Theorie der Wärme und Wärmeleitung, 4. — **du Bois**: Elektromagnetismus, 1 *g*. — **Aschkinass**: Elektrische und magnetische Messmethoden (mit Demonstration der Apparate), 2. — **Starke**: Elektrische Wellen (experimentell), 1 *g*. — **Pringsheim**: Physik der Sonne mit Experimenten, 1 *g*. — **Blasius**: Übungen im Anschluss an das physikalische Praktikum, 1 *g*; Praktisch-physikalische Übungen für Anfänger, 7; Praktisch-physikalischer Kursus für Mediziner, $3^1/_2$. — **v. Bezold**: Theoretische Meteorologie (Statik und Dynamik der Atmosphäre), 2; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*; Übungen im meteorologischen Institut, tägl. — **Assmann**: Die Meteorologie der höheren Atmosphärenschichten, 1 *g*. — **Less**: Praktische Witterungskunde, 2. — **Will**: Geschichte der Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Chemie, 1 *g*. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, mit Berücksichtigung der einschlägigen Gesetzgebung, 4. — **P. Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Meyerhoffer**: Lehre vom chemischen Gleichgewicht II, Lösungen, 1; Elektrochemie, 1. — **Jahn**: Thermochemie und thermodynamische Theorie chemischer Reaktionen, 3. — **Marckwald**: Stereochemie, 1. — **Gabriel**: Qualitative und quantitative Analyse, 2. — **Landolt**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im zweiten chemischen Universitätslaboratorium, tägl.; Physikalisch-chem. Arbeiten (mit Jahn), tägl — **Pinner**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Organische Experimentalchemie, 4. — **Rosenheim**: Die Konstitution anorganischer Körper und ihre physikalischen Bestimmungsmethoden, 1 *g*; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit Meyer), tägl.; Praktische Übungen in der Massanalyse, 3. — **H. Traube**: Mineralchemie, 1. — **R. J. Meyer**: Chemie der selteneren Elemente, mit Experimenten, 2; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **Fischer**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im ersten chemischen Universitätslaboratorium (mit Gabriel und Harries), tägl. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, Farbstoffe, Alkaloide u. s w., 5; Leitung experimenteller organisch-chemischer Arbeiten (im organischen Laboratorium der technischen Hochschule), tägl. — **Buchner**: Einführung in die organische Experimentalchemie, 3; Prakt. Übungen im chemischen Laboratorium der Landwirtschaftlichen Hochschule, ganz- oder halbtägig. — **Harries**: Aromatische Experimentalchemie, 2. — **Wohl**: Chemie der Kohlehydrate, 1. — **W. Traube**: Über Alkaloide, 1. — **Emmerling**: Gärungschemie, 2. — **Thoms**: Über die Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, mit Einschluss der Harnanalyse, $1^1/_2$; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 4; Praktische Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Wichelhaus**: Chemische Technologie I: Anorganische Stoffe, mit Experimenten und Exkursionen, 4; Übungen im technologischen Institut der Universität, tägl. — **Biedermann**: Techn. Chemie I: Anorganische Stoffe, 4. — **Schotten**: Kolloquium über ausgewählte Kapitel der physiologischen und technischen Chemie, 2 *g*. — **Pschorr**: Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Hensel**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Die Geometrie der Zahlen und ihre Anwendungen: Mathematisches Kolloquium, 2 *g*. — **Lehmann-Filhés**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. — **Schwarz**: Integralrechnung, 4; Theorie der analytischen Funktionen I, 4; Über die Gauss'sche hypergeometrische Reihe, 2 *g*; Mathematische Kolloquien, 14 tg., 2 *g*. — **Knoblauch**: Theorie der Raumkurven, 1 *g*; Theorie der krummen Flächen, 4; Theorie der elliptischen Funktionen, 4. — **Fuchs**: Anwendungen der Theorie der elliptischen Funktionen, 3; Theorie der linearen Differentialgleichungen, 4. — **Frobenius**: Theorie der algebraischen Gleichungen II, 4. — **Hettner**: Über Fouriersche Reihen und Integrale, 2. — **Helmert**: Figur und Schwerkraft der Erde, 1; Theorie der Kartenprojektionen, 1 *g*. — **Förster**: Astrometrie und Theorie der Instrumente, mit abendlichen Übungen auf der Sternwarte, 4; Theorie der Fernrohre, 2 *g*; Seminarübung im wissenschaftlichen Rechnen, $1^1/_2$ *g*. — **Battermann**: Über Äquatoreal und Heliometer, für Vorgeschrittene, 1. — **Marcuse**: Die Fehler der Sinneswahrnehmungen bei astronomischen, physikalischen und anderen Messungen, erläutert durch Projektionsbilder, 1 *g*; Theorie und Anwendung astronomischer Instrum., besonders für die Zwecke geographischer Ortsbestimmungen, mit Demonstrationen, 2; Grundzüge der mathematisch-astronomischen Geographie und der nautischen Astronomie, mit Demonstrationen, 2; Astronomische Übungen und spezielle Demonstrationen auf der Sternwarte und in mechanisch-optischen Werkstätten, 2 mal. — **Scheiner**: Reduktion photographischer Sternaufnahmen, 1; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Bauschinger**: Über den Zusammenhang der astronomischen Konstanten, 1 *g*; Theorie der Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3; Interpolationsrechnung und mechan. Quadratur, $1^1/_2$ *g*. —

Technische Hochschule Berlin.

Paalzow: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 4, desgl. für Praktikanten der chemischen Laboratorien, 2; Mathematische Physik, 2. — **Rubens**: Experimentalphysik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium (Physikalische Messungen), 4. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik I, 2 *g*; Elektromagnetismus und Induktion mit besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Masseinheiten und Messmethoden, 2; Physikalische Massbestimmungen und Messinstrumente, Übungen, 4. — **Gross**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Thermochemie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2. — **Servus**: Einführung in das Studium der Elektrotechnik, 2; Theorie und Berechnung von Gleichstrom-, Wechselstrom- und Drehstrom-Dynamos und Motoren, 4. — **Slaby**: Elektromechanik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Elektromechanik, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit W.

Wedding), 36. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **W. Wedding**: Enzyklopädische Elektrotechnik, mit Einschluss der Elektrotelegraphie, mit Experimenten, 1; Elektrotechnische Messkunde, 2; Beleuchtungstechnik und Anlagen, 2. — **Kapp**: Bau der Dynamomaschinen und Transformatoren, 2, Übungen, 3. — **Klingenberg**: Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 3; Berechnung elektrischer Leitungsnetze, 2; Bau und Betrieb von Automobilfahrzeugen, 2. — **Rössler**: Übungen zur Wärmemechanik im elektrotechnischen Laboratorium, 18; Elektrische Bahnen, 2; Ausgewählte Kapitel der Elektrotechnik, 2; Fernleitung von Wechselströmen, 2. — **Fr. Vogel**: Blitzableiter und elektrische Sprengmethoden, 2. — **v. Knorre**: Analytische Chemie: Qualitative Analyse, 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Angewandte Elektrochemie (Elektrometallurgie, Galvanoplastik und Galvanostegie, quantitative Analyse durch Elektrolyse), 4. — **Miethe**: Spektralanalyse, 2; Photochemie und photomechanische Prozesse, 2; Konstruktionstypen photographisch-optischer Instrumente, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 12; Lichtpausübungen, 2. — **Traube**: Thermochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3. — **Josse**: Übungen im Maschinen-Laboratorium I, 1, Übungen, 4. — **Hörmann**: Mechanische Technologie I, 2, II b (Spinnerei, Weberei), 4; Werkzeugmaschinen, 2. — **Kammerer**: Maschinenlehre, 2, Übungen, 6; Hebemaschinen: Winden, Krahne, 4; Maschinenbau (mit Riedler), 3, Übungen, 4. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und Kinematik, 2; Ausgewählte Kapitel aus der angewandten Kinematik, 2. — **Leist**: Technik der Kälteerzeugg., 4; Mechanik I, (Mechanik des Massenpunktes; Statik starrer Körper mit Anwendung auf die einfachen Maschinen und Baukonstruktionen; Statik elastischer Körper, einschl. Festigkeitslehre), 4, Übungen, 2. — **Ludewig**: Wasserkraftmaschinen, Übungen, 4; Dampfkessel, 2, Übungen, 4. — **Martens**: Materialienkunde, mit Übungen in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, spezieller Teil (selbständige Ausführung von Festigkeitsversuchen), 2, Übungen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2. — **G. Meyer**: Eisenbahnmaschinenbau, insbesondere Lokomotiv- und Wagenbau, 4, Übungen, 4; Abriss der Verkehrsmittel auf Eisenbahnen u. s. w., 2; Maschinenkunde II, 2, Übungen, 3. — **Reichel**: Maschinenelemente, 8; Wasserkraftmaschinen, 4, Übungen, 4. — **Riedler**: Maschinenbau (mit Kammerer): Maschinenanlagen, spezieller Dampfmaschinenbau, Berg- und Hüttenwesenmaschinen, Wasserversorgung und Entwässerung, Fabrikanlagen, 3, Übungen, 4. — **Stumpf**: Dampfmaschinenbau, 2; Entwerfen von Dampfmaschinen, 4, Übungen, 4; Entwerfen von Arbeitsmaschinen, Übungen, 4. — **Wehage**: Angewandte Mechanik, 2. — **Heyn**: Die Zustandsänderungen der Metalle und Legierungen bei ihrer technischen Verarbeitung, mit Berücksichtigung der wichtigsten Ergebnisse der Metallmikroskopie, 2. — **Brinkmann**: Konstruktion der Kriegsschiffe, 2, Übungen, 2. — **Flamm**: Theorie des Schiffes II, 4, III, 2; Zeichnen und Entwerfen von Schiffen I, Übungen, 6; Entwerfen von Schiffen II, Übungen, 4; III, Übungen, 4. — **Görris**: Schiffskessel I, 2; Entwerfen von Schiffskesseln, Übungen, 2; Schiffsmaschinen I, 4; II, 4; Entwerfen von Schiffsmaschinen und Rohrplänen, Übungen, 4; Schiffshilfsmaschinen, 2. — **Kretschmer**: Einrichtungen der Kriegsschiffe, 2, Übungen, 4. — **Zarnack**: Praktischer Schiffbau I: Eisen- und Stahlschiffbau, Mastenbau, 2; Übungen, 2; II: Eisen- und Stahlschiffbau, Bootsbau, 2, Übungen, 2; Entwässerungs-Anlagen, wasserdichte Verschlüsse, 2. — **Riess**: Freibord von Schiffen, 2. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, zyklische Verbindungen, Farbstoffe, Alkaloide u. s. w., 3; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Jurisch**: Entwerfen von chemischen Anlagen, Übungen, 4. — **Rüdorff**: Spezielle anorganische Chemie, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Witt**: Chemische Technologie I, Technologie der Wärme und des Wassers, Technologie der anorganischen Verbindungen, (Chemische Grossindustrie), 4; Glas, Keramik, Apparatenkunde, 4; Praktische Arbeiten im technologischen Laboratorium, tägl. — **Holde**: Untersuchung der Mineralöle und übrigen Naphtaprodukte (Benzin, Petroleum, Schmieröl, Paraffin u. s. w.), 2; Praktikum in der Untersuchung der Fette, Öle und Naphtaprodukte, Übungen, 2. — **H. Wedding**: Einleitung in die Eisenhüttenkunde II: Physik des Eisens, 2; Eisenhüttenkunde II: Darstellung des schmiedbaren Eisens, 2. — **Weeren**: Aufbereitungskunde, 4; Allgemeine Probierkunde, Übungen, 6; Praktische Arbeiten im metallurgischen Laboratorium, tägl. — **Frentzel**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2. — **Kühling**: Massanalyse, 2. — **Stavenhagen**: Quantitative Analyse (Überblick über die wichtigsten quantitativen Bestimmungsmethoden, im Anschluss an die Arbeiten im anorganischen Laboratorium), 2. — **Täuber**: Färbepraktikum, Übungen, 2. — **Voswinckel**: Cykloparaffine, 1. — **Wolffenstein**: Chemische Tagesfragen, 2. — **Dziobek**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 5, Übungen, 2. — **Häntzschel**: Elemente der Mechanik, 4; Trigonometrie, 2. — **Hamburger**: Variationsrechnung, 2; Funktionentheorie, 2; Niedere Analysis und Algebra, 4. — **Hauck**: Projektionslehre II: Praktische Perspektive und Schattenlehre, 2½, Übungen, 5. — **Hertzer**: Schattenlehre und Abriss der Perspektive, 5, Übungen, 5. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Theorie der Raumkurven und Flächen, 1. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Weingarten**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Mechanik, 5; Mathematische Physik, 2. — **Jolles**: Projektionslehre I: Darstellende Geometrie mit projektiver Geometrie, 5, Übungen, 5; Elemente der darstellenden Geometrie, für die Studierenden der Abteilung für Chemie und Hüttenkunde, 2, Übungen, 4. — **R. Müller**: Differential- und Integralrechnung, 4. — **Steinitz**: Synthetische Geometrie I und II, 2, Übungen, 1; Synthetische Geometrie I, 2, Übungen, 1. — **Kötter**: Mechanik I, 4, Übungen, 2. — **Pietsch**: Mechanik I, 4, Übungen, 2. — **N. N.**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätisches Praktikum II: Ingenieurwesen, Übungen, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Planzeichnen, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Schulz**: Untersuchungen über die Gestalt der Erde, 1. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Optik, 6; Repetitorium der Physik, 2; Wärmelehre (Schluss, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 4; Theoretisch-praktischer Kurs der Photographie, 4. — **Gruner**: Mathematische Physik, 1—2. — **Friedheim**: Spezielle anorganische Chemie (Ausführung des Kollegs über Experimentalchemie für Chemiker), 3; Qualitative und quantitative Analyse, 2; Chemische Technologie der Brennstoffe und landwirtschaftlichen Gewerbe (mit Exkursionen), 2; Anorganisch-chemisches Praktikum (Halbpraktikum nur für qualitative Arbeiten), tägl., ausser Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **v. Kostanecki**: Organische Chemie, 6, Repetitorium der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Schaffer**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 2; Konservierung der Nahrungs- und Genussmittel, 1 *g*; Übungen im Laboratorium für Lebensmitteluntersuchung. — **Tambor**: Einführung in die Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Repetitorium der carbo- und heterozyklischen Verbindungen, 2. — **Mai**: Analytische Chemie I, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Graf**: Integrale algebraischer Funktionen II, 3; Besselsche Funktionen, 3; Gammafunktionen und Bernoullische Funktionen, 3; Bestimmte Integrale, 2; Differentialgleichungen, 2; Differential- und Integralrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), 2. — **Huber**: Sphärische Astronomie, 2; Theorie der elliptischen Funktionen, 2; Mathematisches Seminar (mit Graf), 1. — **Ott**: Differentialrechnung, 2; Analytische Geometrie I, 2. — **Benteli**: Elemente der darstellenden Geometrie, 4; Praktische Geometrie, 3. — **Moser**: Die Transcendente π, 1; Ausgewählte Kapitel der Versicherungswissenschaft, nach Übereinkunft. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Laboratorium für Anfänger (mit Hagenbach),

8; Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 g. — **Hagenbach**: Elektrische Messungen, 2. — **Lorberg**: Kinetische Gastheorie, 2 g; Theoretische Mechanik, 4. — **Bucherer**: Dynamik und Thermodynamik elektrochemischer Vorgänge, 1 g; Elektrochemisches Laboratorium, 4 g. — **Anschütz**: Experimentalchemie I: Allgemeine und anorganische Chemie, 5; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 g; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Partheil und Rimbach), tägl., ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4. — **Schröter**: Über Aufbau und Abbau von Kohlenstoffverbindungen, 2. — **Löb**: Physikalische Chemie I: Die allgemeinen Eigenschaften der Stoffe, 2; Physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden, 1; Grundzüge der Elektrochemie, 1 g. — **Rimbach**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2; Übungen in der mikrochemischen Analyse, 3 g; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden (mit Löb), mehrstündig, g; Polarimetrie und ihre Anwendungen in der chem Technik, mit Übungen, 1. — **Partheil**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 4; Chemie der menschlichen Nahrungsmittel, 1; Über die Alkaloide, 1; Galenische Präparate, 1 g. — **Binz**: Organische Farbstoffe, 1; Praktikum über organische Farbstoffe (mit Schröter), 3. — **Heusler**: Chemische Technologie der Brennstoffe und ihrer Destillationsprodukte (mit Exkursionen), 2. — **Heffter**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4; Darstellende Geometrie, 2, Übungen 3; Übungen zur Differential- und Integralrechng., 1 g. — **Lipschitz**: Theorie der Zahlen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2 g. — **Kortum**: Elemente der Theorie der algebraischen Gleichungen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2 g. — **Küstner**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen II, 3; Astronomisches Kolloquium, 1 g; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten, tägl. — **Deichmüller**: Theorie der Ausgleichung der Beobachtungsfehler: Methode der kleinsten Quadrate, 2; Praktisch-astronomische Arbeiten, 2 mal wöchentl. — **Mönnichmeyer**: Theorie der Mikrometer, 2. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Weber: Physikalisches Praktikum (mit Prümm), Übgn., 2; Experimentalphysik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Physik, 2; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 1. — **Rellstab**: Elektromagnetismus (für Elektrotechn.), 2. — **Peukert**: Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2; Blitzableiter und elektrische Sprengmethoden, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Salfeld), 6. — **R. Meyer**: Technologische Übungen, 2; Organische Experimentalchemie, 6; Chemische Technologie der Faserstoffe, 1. — **Biehringer**: Analytische Chemie (für technische Chemiker), 2; Stöchiometr. Rechnungen, 1; Chemisch-techn. Rechnungen, 1; Repetitorium der organischen Chemie für techn. Chemiker, 2. — **Bodländer**: Elektrochemie, 2; Metallurgie, 2; Technische Chemie II, 6; Elektrochemisches Praktikum (mit Breull), 6. — **Reinke**: Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Zuckertechnik, 2; Die besonderen Methoden der Zuckerherstellung, 4; Betriebsstörungen in der Gährungstechnik, 2. — **Beckurts**: Abwässerreinigung, 2; Pharmakognosie, 3, Übungen, 2; Pharmazeutische Chemie, 3. — **Tröger**: Analytische Chemie (für Pharmazeuten), 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie für Pharmazeuten, 2; Gasanalyse, 1. — **Degener**: Chemie der Rübe und der Rübensaftreinigung, 3. — **Schöttler**: Angewandte Wärmemechanik, 3; Technische Mechanik I, 5, Übgn., 2. — **Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 2; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; Analytische Mechanik, 3; Elementarmathematik, 2. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Geometrie der Bewegung, 3; Stereometrie, 1. — **Wernicke**: Mechanik (für Architekten und technische Chemiker), 5, Übungen, 2. — **Denecke**: Technische Mechanik III, 4, Übungen, 1. — **Koppe**: Geodäsie II, 2, Übungen, 2; Ausgleichungsrechnung II, 2; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 2, Übungen, 2; Vermessungsübungen I, 4, II, 6; Terrainaufnahme, Übungen, 8; Planzeichnen, Übungen, 2. — **N. N.**: Instrumentenkunde, Übungen, 2. —

Universität Breslau.

O. E. Meyer: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalischen Laboratorium (mit Heydweiller), 3 oder 6, für Geübtere, tägl. — **Heydweiller**: Der elektrische Strom und seine Anwendungen, 2; Einleitung in die mathematische Chemie, 2; Entwickelung der Physik im 19. Jahrhundert, 1 g. — **Bose**: Elektrochemische Messkunde, 2. — **Abegg**: Physikalische Chemie II: Verwandtschaftslehre, Thermo-, Elektro-, Photochemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 g; Physik und Chemie in der Photographie, mit Experimenten, g; Mathematische Ergänzungen zur physikalischen Chemie II, nach Bedarf, 1 g. — **Ladenburg**: Allgemeine Experimentalchemie, 6; Praktisch-chemische Übungen, a) (mit Abegg), tägl., b) für Mediziner, 2, c) für Landwirte, 6; Chemisches Kolloquium, 14 tg., 2 g. — **Scholtz**: Chemie der Alkaloide, 2; Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner, 2. — **Poleck**: Anorganische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Massanalyse, 2; Die Gifte in chemischer und forensischer Beziehung 3; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und Hygiene, tägl., ausser Sonnabend; Ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie, Benzolderivate, 1 g. — **Ahrens**: Chemische Technologie I: Anorganische Grossindustrie, Hüttenkunde, keramische und Glasindustrieen, mit Exkursionen, 4; Praktische Kurse in chemisch-technischen, gasanalytischen und technisch-elektrochemischen Untersuchungsmethoden 8; Chemisch-technisches Praktikum nebst Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl., ausser Sonnabend; Chemische Technologie der Gährungsgewerbe, mit Exkursionen, 2; Chem.-technisches Kolloquium, 1 g. — **Herz**: Analytische Chemie, für Anfänger, 2; Atom- und Molekulargewichtsbestimmungen, 1 g. — **Rosanes**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Elemente der Determinantentheorie, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 mal wöchentlich, g. — **Sturm**: Theorie der geometrischen Verwandtschaften I, 3; Höhere algebraische Kurven, 3; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars über darstellende Geometrie, 2 g. — **London**: Bestimmte Integrale, 3; Die mathematischen Grundlagen des Versicherungswesens (Lebens-, Kranken-, Unfall-, Invalidenversicherung), unter Berücksichtigung der deutschen Arbeiterschutzgesetzgebung, für Studierende der Mathematik, der Rechts- und Staatswissenschaften, 2. — **Franz**: Das Problem der drei Körper, 2 g; Differenz- u. Integralrechnung endlicher Intervalle, mit Anwendung auf die speziellen Störungen der Himmelskörper, 4; Kosmogonie, 1; Meteorologie und Wetterprognose, 1; Astronomisches Praktikum, für Anfänger, 2. —

Universität Czernowitz.

Handl: Praktisch-physikalische Übungen, 6; Ausgewählte Kapitel der Experimentalphysik, 2 g. — **Tumlirz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 5; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2 g; Mathematisch-physik. Proseminar, 2 g. — **Pribram**: Allgemeine Chemie II, 5; Pharmazeutische Chemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium, 15; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen, 20. — **Löwl**: Klimatologie und Ozeanographie, 5. — **Puchta**: Differentialgleichungen (als Fortsetzung der Differential- und Integralrechnung), 3; Die Kreisteilungsgleichung, 2; Seminar für Mathematik, 2 g. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Galvanismus, Wärmelehre, für die Studierenden des Maschinenbaues, der Elektrotechnik und der Allgemeinen Abteilung, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeissig), 4 Nachm.; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik, nach Vereinbarung; Mathematische Elektrizitätslehre, 2. — **Zeissig**:

Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Galvanismus, Wärmelehre, für die Studierenden der Architektur, des Ingenieurwesens und der Chemie einschl. Pharmazie, 4. — **Rudolphi**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1 *g*; Physikalische Chemie II, 2. — **Forch**: Berechnung physikalischer Aufgaben, 1 *g*. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente II, 2; Grundzüge der Kartenprojektionslehre, 1, Übungen, 2 *g*. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I für die Studierenden der Elektrotechnik, 2; Elemente der Elektrotechnik, für die Studierenden des Maschinenbaues und der Chemie, 3; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II, 4, Übgn., 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Sengel und Wirtz), 4 halbe Tage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Elektrotechnik, für Vorgeschrittenere, nach Vereinbarung. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 2, Übungen, 3; Projektieren elektrischer Licht- und Kraftanlagen, Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik, für Studierende der Architektur und des Ingenieurwesens, 2. — **Krauss**: Maschinenzeichnen, Übungen, 4; Mechanische Technologie I, 2, II, 4; Arbeiterschutz, 2; Hüttenmaschinen, 1. — **Lincke**: Maschinenelemente, 6, Konstruktionsübungen, 9. — **Berndt**: Konstruktionsübungen in Maschinenelementen, für die Studierenden des Bauingenieurwesens, 3; Beschreibende Maschinenlehre, 3; Eisenbahn-Maschinenbau I, 3, II, 2; Übungen zu Werkzeugmaschinen und zu den Elementen des Lokomotivbaues, 3; Gasmotoren, 2; Maschinenbaupraktikum, I, 3. — **Camerer**: Übungen im Berechnen von Maschinenelementen, 1; Erläuterung und Anwendung des Rechenschiebers, 3—4 *g*. — **Gutermuth**: Dampfkessel, 2; Pumpmaschinen, 4; Maschinenanlagen und ihre Berechnung, 2, Konstruktionsübungen, 6; Maschinenbaupraktikum II, Übungen, 3. — **Pfarr**: Regulatoren zu Wasserkraftmaschinen, 1; Fabrikanlagen, 2; Konstruktionsübungen zu Hebemaschinen, Wasserkraftmaschinen und Fabrikanlagen, 6; Papierfabrikation und deren Maschinen, 2; Hydraulik, 2, Übungen, 1. — **Beck**: Gewichts- und Kostenberechnungen der Maschinenfabrikation, 1. — **Staedel**: Elemente der anorganischen Chemie, 6; Elemente der organischen und Agrikultur-Chemie, 3; Chemisches Praktikum (mit Finger, Kolb, Heyl u. Keppeler), tägl., ausser Sonnabend. — **Finger**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, e) Teerfarbstoffe, 4, g) Einführung in die organisch-chemische Tageslitteratur, 2; Praktikum im Farbstofflaboratorium. — **Kolb**: Analytische Chemie I, 2; Die Methoden der organischen Analyse, 2; Kolloquium über anorganische Chemie, 1. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 2; Ausmittelung der Gifte, für Pharmazeuten, 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 2; Metallurgie, 2; Elektrochemisches Kolloquium (mit Neumann), 1; Chemisches Praktikum für Elektrochemiker, Elektrochemisches Praktikum, Chemisch-technisches Praktikum (mit Neumann), tägl., ausser Sonnabend. — **Neumann**: Die Nutzmetalle, 1 *g*; Elektroanalyse und die neueren Anschauungen über analytische Vorgänge, 1 *g*. — **Vaubel**: Theoretische Chemie II, 2—3 *g*. — **Sonne**: Chemisch-technische Untersuchung der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 1 *g*; Chem.-technisches Kolloquium, 1 *g*. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genussmitteln und Gebrauchsgegenständen, Übungen, 8. — **Krausser**: Anleitung zu den mikroskopischen und bakteriologischen Untersuchungen von Nahrungs- und Genussmitteln (mit Weller), Übungen, 4. — **Gräfe**: Repetitorium der Elementarmathematik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik für Architekten, Chemiker, Elektrochemiker und Geometer, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik II, 2, Übung., 1. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 3; Elemente der höheren Algebra, 2. — **Gundelfinger**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 3; Analytische Übungen, für Vorgerücktere, *g*; Repetitorium der höheren Mathematik I und II, 1. — **Baur**: Ausgewählte Kapitel aus der höheren Algebra, 1—2 *g*. — **Scheffers**: Höhere Mathematik für Architekten, Chemiker, Elektrochemiker und Geometer, 3, Übungen, 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übgn., 6. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Synthetische Geometrie, 2; Arbeiten im mathematischen Institut, nach Vereinbarung. — **Fenner**: Geodäsie, 5, Messübungen (mit Gast), 8; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen (mit Gast), 2. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Gräfe), 2; Mechanik I, 5, Übungen (mit Gräfe), 1; Repetitorium der Mechanik, 1; Reine Kinematik, 2, Übungen. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik, 5; Praktikum (mit Töpler), I, 3; II, 6 oder 9. — **Töpler**: Physikalische Messkunde I, 1; Polarimetrie, 1. — **Krone**: Theorie und Praxis der Photographie, 3; Lichtpausen, 2 *g*; Kolloquium über wissenschaftliche Photographie und Kritik selbstgefertigter Arbeiten der Teilnehmer, 3. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik II: Dynamomaschinen, Transformatoren, Elektromotoren, Kraftverteilung, 2; Theorie des Wechselstromes, 3; Elektrotechn. Praktikum für Anfänger, 4; Elektrotechnisches Laboratorium, 30; Elektrotechnisches Kolloquium (mit Kübler), 2 *g*. — **Kübler**: Dynamomaschinen II, 2; Elektrische Arbeitsübertragung, 2; Entwerfen von Dynamos, 4; Betriebsmittel elektrischer Bahnen, 1; Elektrotechnisches Kolloquium (mit Görges), 2 *g*. — **Gravelius**: Einleitung in die Hydrographie Deutschlands, 2; Das Prinzip der Erhaltung der Energie, 1. — **Grübler**: Technische Mechanik II, 6, Übungen, 2; Graphostatische Übungen, 2 *g*. — **Mollier**: Technische Thermodynamik II; Gas- und Kältemaschinen, 4, Übungen, 2; Kinematik II, Übungen, 3. — **L. Lewicki**: Dampfmaschinen (Fortsetzung), 4; Wasserkraftmaschinen, 3; Maschinenkonstruieren für Maschinen- und Elektroingenieure, 10; Arbeiten im Maschinenlaboratorium A mit Kolloquium (mit E. Lewicki), 3. — **Scheit**: Maschinenelemente für Maschinen- und Elektroingenieure, 5; Maschinenelemente für Bauingenieure, 3; Maschinenkonstruieren (Maschinenelemente) für Maschinen- und Elektroingenieure, 10, für Bauingenieure, 4; Hebemaschinen, 2; Maschinenkonstruieren (Hebezeuge) für Maschinen- und Elektroingenieure, 10; Untersuchung von Baumaterialien, Übungen, 3; Festigkeitslehre, für die mechanische Abteilung, 3. — **Ulbricht**: Eisenbahnsignalwesen und elektrische Eisenbahneinrichtungen, 3 *g*. — **Förster**: Chemische Technologie des Glases, der Thonwaren, der Bausteine und des Mörtels sowie des Cements, 2; Physikalische Chemie I, zugleich Einführung in die Elektrochemie, 2; II, 1; Praktikum für Elektrochemie, 12; Praktikum für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, ganztägig. — **Hempel**: Experimentalchemie, anorganische, 6; Anorganisch-chemisches Praktikum, Qualitative Analyse, 12; Anorganisch-chemisches Praktikum, Quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse, ganztägig. — **Lottermoser**: Chemie der Kolloide, 1. — **v. Meyer**: Organisch-technische Chemie I: Chemische Technologie der Kohlehydrate (Cellulose-, Stärke-, Zuckerfabrikation), Gärungsgewerbe (Spiritus-, Bier-, Weinbereitung), 3; Geschichte der Chemie und chemischen Technologie in den letzten 50 Jahren, 1; Organisch-chem. Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Möhlau**: Chemie des Steinkohlenteers: Die Rohmaterialien und Zwischenprodukte für die Industrie der organischen Farbstoffe, 3; Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe I, 2; Praktikum für Farbenchemie, halbtägig; Praktikum für Färbereitechnik, halbtägig; Praktikum für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie, ganztägig. — **Müller**: Reduktion und Oxydation durch Elektrolyse, 1. — **Schlossmann**: Über Gifte und Vergiftungen, 1. — **v. Walther**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2. — **Wolf**: Die nützlichen und schädlichen Mikroorganismen unserer Nahrungs- und Genussmittel, 1 *g*; Bakteriologischer Kursus, 4; Arbeiten im bakteriologischen Laboratorium, 20. — **Fuhrmann**: Differential- und Integralrechnung, 5; Anwendungen der Elementarmathematik, 2; Geodätisches Praktikum, 4; Geodätisches Zeichnen, 2. — **Helm**: Analytische Geometrie I, 3, Übungen, 1; Potentialtheorie, 2; Mathematische Chemie, 2; Versicherungstechnisches Seminar, 1 *g*, Übungen, 2 *g*. — **Krause**: Integralrechnung, 5, Übgn., 2; Elemente der höheren Algebra, 3; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Naetsch**: Einleitung in die Theorie der partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung, 3; Sphärische Trigonometrie, 2. — **Pattenhausen**: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Geodäsie, 2; Sphärische Astronomie, 2; Triangulierungsübungen, 4; Geodätisches Praktikum I, 4; II, 4; Grössere Terrainaufnahmen, 2 Wochen; Grössere geodätische Spezialarbeiten und Übungen im astronomischen Beobachten, nach Vereinbarung. — **Rohn**: Darstellende Geometrie I, 4, Übgn., 6; Kurventheorie, 2 *g*. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik: Wärme, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Schmidt**: Einleitung in die theoretische Physik, 3; Neuere Ansichten über die Elektrizitätsleitung in Flüssigkeiten, Metallen und Gasen, 1 *g*. — **Fischer**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl., ausser Sonnabend. — **Paal**: Chemie in ihrer Anwendung auf Pharmazie und Medizin (anorganischer Teil), 3; Ausmittelung von Giften (einschliesslich der pharmazeutischen Chemie der Alkaloide), 1; Chemisches Praktikum, tägl.; Praktischer Kurs für Studierende der Pharmazie, 20; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genussmittel, tägl. — **Busch**: Chemie der Teerfarbstoffe, 2; Chemische Technologie (organ. Teil), mit Exkursionen, 2. — **Henrich**: Stereochemie, 2; Chemie der Zuckerarten, 1. — **Gordan**: Differentialgleichungen, 4; Invarianten, 4; Übungen im Seminar, 3 *g*. — **Nöther**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Darstellende Geometrie mit Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 2. —

Universität Freiburg.

Himstedt: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Licht, 5; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, tägl., ausser Sonnabend; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **G. Meyer**: Physikalische Chemie, 2; Über Photographie, 1; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Königsberger**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2. — **Gattermann**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemie der Teerfarbstoffe, 1 *g*; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt), tägl., ausser Sonnabend; Anleitung zum Experimentieren bei Vorträgen über Chemie (für Kandidaten des höheren Schulamts), 2 *g*; Chemisches Seminar, 14 tg., $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Willgerodt**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Technologie, 4; Chemisches Praktikum (mit Gattermann), tägl., ausser Sonnabend. — **Edinger**: Die Chemie des Benzols und seiner Derivate, 2. — **Fromm**: Über qualitative Analyse, 1; Über zyklische und heterozyklische Verbindungen, 1; Repetitorium der Chemie für Mediziner, 2. — **Lüroth**: Funktionentheorie, 5; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Astronomie, 2. — **Stickelberger**: Integralrechnung, 4; Höhere ebene Kurven, 3; Mathematisches Seminar. — **Löwy**: Algebraische Gleichungen, 4; Über die Grundlagen der Geometrie, 2. — **Rebmann**: Elemente der projekt. Geometrie, 2. —

Universität Giessen.

Drude: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, $4\frac{1}{2}$; Physikalisches Praktikum, 9; Praktikum für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, nach Verabredung. — **Dörge**: Physikalisches Konversatorium, 2. — **Fromme**: Geometrische und physikalische Optik, 2; Einleitung in die höhere Geodäsie, 1; Niedere Geodäsie, 2, Übungen, 1 Nachm. — **Naumann**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Untersuchung von Nahrungsmitteln und technischen Erzeugnissen (mit Eidmann), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Schröder**: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2. — **Eidmann**: Pharmazeutisch-chemische Präparate I, 1; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie (mit Exkursionen), 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Organische Farbstoffe, 2; Chemisches Kolloquium, $1\frac{1}{2}$. — **Wagner**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Pasch**: Die Grundlagen der Geometrie, 4; Elemente der Algebra, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14 tg., 2 *g*. — **Netto**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Einleitung in die Funktionentheorie, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14 tg., 2 *g*. — **Haussner**: Anwendungen der Differentialrechnung auf Geometrie, mit Übungen, 5; Technische Mechanik II, $3\frac{1}{2}$, Übungen, 1. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik I, 3; Physikalische Übungen, 8; Wellenlehre, 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten, 40 *g*. — **Voigt**: Optik, 4; Praktische Übungen, 4; Ausgewählte Probleme der Elektrodynamik, 1 *g*; Wissenschaftliche Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Simon**: Liest nicht. — **Kaufmann**: Die Prinzipien der Mechanik, 2. — **Abraham**: Potentialtheorie, 2; Theorie der elektrischen Schwingungen, 2. — **Stark**: Anwendung der Elektrizität: Gleichstrom-Elektrolyse, Licht, Kraft (experimentell), 1 *g*. — **Des Coudres**: Wechselstrom- und Drehstromtechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Wechselstrom, 1 *g*; Arbeiten für Vorgeschrittenere, *g*. — **Lorenz**: Technische Thermodynamik, 2, Übungen, 1 *g*; Maschinentechnisches Praktikum, $3\frac{1}{2}$; Selbständige Arbeiten im Institut für techn. Physik, 3 *g*. — **Coehn**: Photochemie und Spektralanalyse, 2. — **Wiechert**: Einführung in das Vermessungswesen, 4; Geophysikalisches Praktikum, *g*. — **Nernst**: Elektrochemie, 3; Physiko-chemische Arbeiten und Übungen, tägl.; Mathematische Ergänzungen zur Elektrochemie, 1 *g*; Physiko-chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Wallach**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Laboratorium, 20—40; Chemisches Kolloquium für Mediziner, 1 *g*. — **Tollens**: Agrikultur-Chemie, 3; Agrikulturchemisches Praktikum, 30. — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 4; Gerichtlich-chemische Analyse, 2. — **Fischer**: Chemische Technologie I, 2 *g*; Unfallverhütung in Fabriken, 1; Technisch-chemisches Rechnen, 1 *g*. — **Kötz**: Einführung in das Studium der Chemie, 3; Moderne anorganische Chemie, 2; Anorganisches Kolloquium, 1 *g*. — **Manchot**: Ausgewählte theoretische Kapitel aus der organischen Chemie, 2. — **Streintz**: Thermochemie, 2. — **Klein**: Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, 4; Seminar: Vorträge der Mitglieder über Differentialgeometrie, 2 *g*. — **Hilbert**: Algebra, 4; Anwendung der partiellen Differentialgleichungen, 2; Übungen über partielle Differentialgleichungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **Schilling**: Analytische Geometrie, 4; Graphische Statik, 1, Übungen, 2 *g*. — **Bohlmann**: Differentialrechnung, 4; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **Zermelo**: Hypergeometrische und Besselsche Funktionen, 2; Elemente der Differential- und Integralrechnung, für Studierende der Naturwissenschaften, 2. — **Sommer**: Ausgewählte Kapitel der sphärischen Trigonometrie, 2; Determinanten, 1; Mathematisches Seminar (mit Klein), 2 *g*. — **Schur**: Theoretische Astronomie II, Einleitung in die Störungstheorie, 4; Praktische Übungen auf der Sternwarte, tägl.; Astronomische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 1 *g*. — **Brendel**: Theorie des Mondes, 2; Arbeiten aus dem Gebiete der Störungstheorie, *g*. — **Ambronn**: Theorie und Gebrauch der astronomischen Instrumente, mit Demonstrationen, 2. —

Universität Graz.

Leopold Pfaundler: Experimentalphysik, 5; Physikal. Übungen, 12; Elemente der Geodäsie und Hypsometrie, 2. — **Wassmuth**: Mechanik nichtstarrer Körper, 4; Das Prinzip des kleinsten Zwanges und seine Anwendung auf physikalische Fragen, 1; Übungen im Seminar für mathematische Physik, 3. — **Subic**: Meteorologie der Gebirge, 2. — **Streintz**: Elektrochemie, 2; Theorie des Akkumulators, 1. — **Skraup**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4; Chemische Übungen für Vorgeschrittene, 20. — **Schrötter**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2; Chemie der Zuckerarten, 1. — **Frischauf**: Neuere Geometrie, 3; Theorie der Kugelfunktionen, 2. — **Dantscher von Kollesberg**: Differentialrechnung, 5; Mathematisches Seminar, 2. — **Streissler**: Darstellende Geometrie, $1\frac{1}{2}$; Elemente der Kartographie, $1\frac{1}{2}$. — **v. Hepperger**: Praktische Astronomie, 3; Bahnbestimmung der Planeten, 2. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik, 5; Allgemeine Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Übungen, 8. — **Streintz**: (Siehe

Göttingen). — **Emich**: Organische Chemie II, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene. — **Andreasch**: Unterricht und Übungen in der qualitativen chemischen Analyse im Laboratorium, 18; Chemische Technologie der organischen Stoffe: Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, 4; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der Darstellung organisch-chemischer Präparate, 20. — **B. Reinitzer**: Unterricht und Übungen in der quantitativen chemischen Analyse im Laboratorium, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe: Heizung und Beleuchtung durch Verbrennungsvorgänge, 4; Elektrochemie, 3; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der technisch-chemischen Mass-, Gas- und Gewichtsanalyse, 20. — **Hocevar**: Mathematik I: Algebra und Analysis, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik II, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 4, Übungen, 2. — **Schüssler**: Darstellende Geometrie, Übungen, 6; Ausgewählte Kapitel aus darstellender Geometrie, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik (einschliesslich der Elemente der graphischen Statik) II, 4, Übungen, 1; Technische Mechanik II: Hydrostatik, 3; Kinematische Geometrie der Ebene, 2. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie II, 4; Höhere Geodäsie II, 2; Praktische Messübungen. —

Universität Greifswald.

Richarz: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Physikalische Übungen für Studierende der Naturwissenschaften, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Elementar-mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*; Besprechungen über neuere physikalische Arbeiten (mit König), 2 *g*. — **Holtz**: Galvanische Elektrizität, experimentell, 1; Physik der Erde (physik. Geographie), experimentell, 1 *g*. — **König**: Einführung in die theoretische Physik, 4; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 2; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Mechanik, 1 *g*. — **Auwers**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig; Chemie der Teerfarbstoffe, 1 *g*. — **Schwanert**: Pharmazie II, 4; Analytische Chemie, 2; Besprechungen üb. pharmazeutisch-chemische Gegenstände, 4 *g*; Über neuere pharmazeutisch-chemische Präparate, 1 *g*; Chemisches Praktikum, a) für Pharmazeuten, 12, b) für Chemiker und Mediziner, 6. — **Semmler**: Über Alkaloide, 2; Ausgewählte Kapitel der organ. Chemie II, 1 *g*. — **Posner**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Heterozyklische Verbindungen, 2. — **Thomé**: Mechanik II, 4; Potentialtheorie, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Study**: Analytische Geometrie I, 4; Einleitung in die synthetische Geometrie, 2 *g*; Über einige Gegenstände der Funktionentheorie, 1 *g*; Übungen, 1 *g*. —

Universität Halle.

Dorn: Elektrodynamik nach Hertz, 2 *g*; Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 4; Physikalisches Laboratorium a) Übungspraktikum, 6, b) Arbeiten von Geübten, tägl. — **Schmidt**: Übungen zur theoretischen Physik, in zu bestimmenden Stunden, *g*; Einleitung in die theoretische Physik, 4. — **Roloff**: Einführung in die physikalische Chemie, 2. — **Volhard**: Übungen in Vortrag und Demonstrationen für künftige Lehrer der Chemie, 1 *g*; Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Döbner und Vorländer), tägl., ausser Sonnabend. — **Döbner**: Über neuere Arzneimittel, 1 *g*; Pharmazeutische Chemie I: Unorganische Chemie, 4; Prakt. Übgn. im chem. Laboratorium (mit Volhard und Vorländer), tägl., ausser Sonnabend. — **Baumert**: Einleitung in das Studium der Chemie, 2 *g*; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Praktische Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genussmitteln, tägl., ausser Sonnabend. — **Erdmann**: Angewandte Chemie (Anorganischer Teil), 2; Praktische Übungen im Unterrichtslaboratorium für angewandte Chemie, tägl., ausser Sonnabend. — **Vorländer**: Farbstoffe und Gespinstfasern, 2; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Volhard und Döbner), tägl., ausser Sonnabend. — **Cantor**: Zahlentheorie, 4; Über bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2; Übungen des mathematischen Sem., 14 tg., 2 *g*. — **Wangerin**: Theorie des Potentials und der Kugelfunktionen, 5; Sphärische Trigonometrie und mathematische Geographie, 3; Übgn. des mathematischen Seminars, 14 tg., 2 *g*. — **Eberhard**: Determinantentheorie, 1 *g*; Analytische Geometrie der Ebene, 3. — **Neumann**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1 *g*. —

Technische Hochschule Hannover.

Dieterici: Experimentalphysik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Arbeiten im Laboratorium der Physik, 4. — **Wiedeburg**: Photographieren, mit Übungen, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik, 4; Entwerfen von Dynamomaschinen und Transformatoren (mit Beckmann und Heyck), 2; Blitzableiter und Blitzschutzvorrichtungen, 1; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Beckmann, Heyck, Winkelmann), 8; Elektrotechnisches Laboratorium II (mit Beckmann, Heyck und Winkelmann), nach Übereinkunft. Elektrotechnisches Laboratorium für Maschineningenieure (mit Beckmann, Heyck und Winkelmann), 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen und Betriebe II: Centralanlagen, 3, Übungen, 2; Elektrische Bahnen (Elektrotechnischer Teil), 2; Grundzüge der technischen Elektrolyse, 2; Elektrolytische Übungen, 4. — **Thiermann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger I, 1; Elektrotechnische Messkunde I, 2. — **Franke**: Elektrische Kraftübertragung, 4. — **Seubert**: Grundzüge der Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, v. Reden und Jänecke), tägl., ausser Sonnabend. — **Eschweiler**: Massanalyse, 2. — **Behrend**: Physikalische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Keiser), tägl., ausser Sonnabend. — **Ost**: Chemische Technologie II (für Chemiker und Nichtchemiker), 3; Glas- und Thonwaren, 1; Farbstoffe und Färberei, 2; Übungen in der Elektroanalyse (mit Koech), 6; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Koech), tägl., ausser Sonnabend. — **Kiepert**: Differential- und Integralrechnung II, 6, Übungen, 2; Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 5, Übungen, 1. — **Runge**: Differential- und Integralrechnung I, 3, Übungen, 1; III, 5, Übungen, 1; Übungen in der Anwendung der höheren Mathematik, 4. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Peters und Ahlf), 3, Übungen, 6; Darstellende Geometrie I (mit Peters und Ahlf), 3, Übungen, 6. — **Reinherts**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), Übungen, 3; Praktische Geometrie (mit Petzold), 2, Übungen, 6; Grundzüge der astronomischen Ortsbestimmung (mit Petzold), 2, Übgn. —

Universität Heidelberg.

Quincke: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum (mit Precht), 4; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend; Übungen des physikalischen Seminars, 1. — **Pockels**: Mechanische Wärmetheorie, 3; Interferenz und Doppelbrechung des Lichts, 2. — **Precht**: Theorie der elektrischen Schwingungen und Elektrooptik, 2; Wissenschaftlich-photographische Übungen, 2. — **Curtius**: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Anfänger-Praktikum für Mediziner, 3; Einführung der Mediziner in das praktische Studium der Chemie, 1. — **Brühl**: Anorganische Chemie, mit Experimenten, 3; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend; Medizinisch-chemische Übungen im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Jannasch**: Titrier-Analyse, 2; Qualitative Analyse, 2; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Knövenagel**: Chemie der Teerfarbstoffe, 2; Chemische Technologie (anorganische Prozesse), mit Ausflügen, 2. — **Bornträger**: Pharmazie oder pharmazeutische Experimentalchemie, 6; Praktisch-chemische Übungen im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Arbeiten und Übungen im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Dittrich**: Chemisches Praktikum, tägl. ausser Sonnabend, a) ganztägig, b) halbtägig (für Anfänger und Mediziner); Seltene Elemente, 1; Chemisches Praktikum, ganztägig.

in den Osterferien, vierwöchentlich nach Semesterschluss beginnend, in den Herbstferien, vier- oder sechswöchentlich, von Anfang September bis Mitte Oktober. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie I (anorgan.), 2; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1; Ausmittelung der Gifte, 1. — **Klages**: Konstitutionsformeln anorganischer Verbindungen, 1; Geschichte und Aufbau wichtiger natürlicher Verbindungen durch die synthetische Chemie, 2. — **Mohr**: Pyridinderivate und Alkaloide, 1. — **Königsberger**: Differential- und Integralrechnung, 4; Funktionentheorie, 4; Mathematisches Unter- und Oberseminar, 2. — **Cantor**: Algebraische Analysis, 4; Arithmetik und Algebra (für Kameralisten), 3. — **F. Eisenlohr**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Mechanik, 4. — **Köhler**: Analytische Geometrie der Ebene, 3. — **Landsberg**: Theorie der Determinanten, 2; Algebraische Kurven, 2. — **Böhm**: Erste Einführung in die Theorien der kontinuierlichen Transformationsgruppen mit Anwendungen auf die Geometrie und die Theorie der Differentialgleichungen, 1—2; Lektüre und Besprechung der Gaussschen Schrift: „Allgemeine Lehrsätze in Beziehung auf die im verkehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung wirkenden Anziehungs- und Abstossungskräfte,“ 1. — **Valentiner**: Spezielle Störungen, 3; Sphärische Astronomie, 3. — **Wolf**: Praktische Übungen in Zeit- und Ortsbestimmungen auf der Sternwarte (Ferienkurs in den Osterferien), *g*; Meteorologie, 2 *g*. —

Universität Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum, a) für Physiker, 6, b) für Mediziner, 2, c) für Chemiker, 4; Physikalische Spezialuntersuchungen, tägl. — **Abbe**: Liest nicht. — **Auerbach**: Einführung in die theoret. Physik: Begriffe, Prinzipien, Methoden, 4; Theorie der Wärme, 4. — **Straubel**: Optik II, 3. — **Ambronn**: Anleitung zur Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histolog. Untersuchungen mit Übungen, 1. — **Knorr**: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganischer Teil, 5; Chem. Praktikum (mit Wolff); Wissenschaftliche Arbeiten (mit Duden und Rabe), *g*. — **Wolff**: Massanalyse, $1^1/_2$; Elektrolyse und elektrolyt. Praktikum, 2. — **Duden**: Chemie des Benzols und der aromatischen Verbindungen, 2. — **Immendorff**: Grundzüge der anorgan. und organ. Chemie für Landwirte, 5; Moorkultur, 1; Grosses und kleines chem. Praktikum für Landwirte (mit Lemmermann). — **Gänge**: Gerichtl. Chemie, 1; Prakt. Übungen in der Anwendung optischer Instrumente zu chem. Untersuchungen, 2. — **Matthes**: Einführung in die Untersuchung und Beurteilung der Nahrungs- und Genussmittel: Vollpraktikum; Pharmazeut. Chemie I, 2; Besprechung der das Apothekenwesen betreffenden gesetzlichen Bestimmungen, *g*. — **Rabe**: Neuere Entwickelung der Strukturlehre, 1. — **Thomae**: Differentialgleichungen, 4; Analytische Geometrie der Ebene, 4. — **Gutzmer**: Differentialrechnung, 5; Potentialtheorie, 4; Mathemat. Seminar, *g*. — **Frege**: Die Grundlagen der Arithmetik, 4; Mathematische Übungen, 2 *g*. — **Knopf**: Zeit- und Ortsbestimmung, mit prakt. Übungen auf der Sternwarte, 4; Geodäsie, mit prakt. Übgn. im Gelände, 2. —

Universität Innsbruck.

Exner: Mathematische Physik: Mechanik, 5; Seminar, 1 *g*. — **Radaković**: Akustik (Fortsetzung), 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Anfänger, 6. — **Klemenčič**: Experimentalphysik: Akustik, Optik, 5; Praktische Übungen für Mediziner, 2 *g*; Praktische Übungen für Vorgeschrittene, tägl., *g*. — **Tollinger**: Einfluss der meteorologischen Verhältnisse des Hochgebirges auf das Pflanzenleben, 2. — **Hammerl**: Elektrotechnik I: Über Gleichstrommaschinen und Akkumulatoren, 2. — **Czermak**: Astronomische Orts- und Zeitbestimmung, 2; Allgemeine Meteorologie und Wettervorhersage (Fortsetzung), 2; Atmosphärische Elektrizität, 1. — **Senhofer**: Allgemeine Chemie für Lehramtskandidaten und Mediziner II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen in analytischer und pharmazeutischer Chemie im Laboratorium, tägl.; Praktische Anleitung zu analytisch-chemischen Untersuchungen für Mediziner, 6 *g*; Pharmazeutische Chemie, 5. — **Hopfgartner**: Analytische Chemie (Fortsetzung), 1; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Chemie, 1. — **Otto Stolz**: Theorie der Doppelintegrale, 2; Variationsrechnung, 1; Übgn. über die beiden vorgenannten Gegenstände im mathematischen Seminar, 1; Theorie der Funktionen von komplexen Veränderlichen nach Cauchy und Weierstrass (Fortsetzung), mit Übungen des mathematischen Seminars, 3. — **Wirtinger**: Lineare partielle Differentialgleichungen (Fortsetzung), 3; Eulersche und hypergeometrische Integrale, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Darstellende Geometrie in Verbindung mit Konstruktionsübungen (Fortsetzung: Centralprojektion), 4; Anwendung der Differentialrechnung auf Geometrie (Fortsetzung: Flächentheorie), 2. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4; Physikalisches Seminar (mit Sieveking), 1; Physikalisches Repetitorium (mit Sieveking), 1; Physikalisches Laboratorium (mit Mie), 6; Elektrizität und Licht, 1. — **Arnold**: Gleichstromtechnik, 1; Wechselstromtechnik, 3; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2; Elektrotechnisches Laboratorium I, 8; II, 8. — **Meidinger**: Ältere Anwendungen der Elektrotechnik: Blitzableiter, Galvanoplastik, Telegraphie, Telephonie, 2; Praktikum für Ventilationsanlagen, 1. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Messkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4; Thermochemie, 2. — **Teichmüller**: Entwerfen von Leitungsanlagen, Übungen, 2; Theorie der Wechselströme, 3; Elektrische Leitungen (ausgewählte Kapitel), 1. — **Mie**: Anwendung der Differentialrechn. in der Physik, 2; Maxwellsche Theorie und elektr. Schwingungen, 2; Elektromagn. Lichttheorie, 2. — **Bunte**: Chemische Technologie I: Baumaterialien, Glas, Keramik u. s. w., 2; II: Chemische Grossindustrie, 2; Übgn. in der technischen Analyse (mit Eitner), a) für Chemiker, 4, b) für Maschineningenieure, 3; Gaschemische Übungen (mit Haber), 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 ganze Tage. — **Engler**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, 1; Theoretische Chemie, I; Chemisches Laboratorium, 5 ganze Tage. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Analytische Chemie, 1. — **Haber**: Chemische Technologie der Faserstoffe II: Bleicherei, Färberei, Druckerei, 2, Übungen, 2; Chemie der Gase, 2; Gaschemische Übungen (mit Bunte), 2; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie vom Standpunkt der physikalischen Chemie, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel, Übgn., 2. — **Scholl**: Chemie der Benzolderivate II, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2, Übungen (mit Bunte), für Chemiker, 4, für Maschineningenieure, 3; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse für Maschineningenieure, 1. — **Haid**: Geodätisches Praktikum II, für Ingenieure, Forststudierende und Geometer, 2 Nachm.; III, für Ingenieure, 1 Nachm.; Elemente der praktischen Geometrie und Vermessungsübungen für Maschineningenieure und Architekten, 2, Übgn., 1 Nachm.; Grössere Vermessungsübung, 2 Wochen. — **Schell**: Synthetische Geometrie II, 3; Theoretische Mechanik II, 5; Behandlung von Problemen der theoretischen Mechanik, 2. — **Schröder**: Differential- und Integralrechnung II, 5, Übungen, 2; Arithmetik und Algebra (Ausgewählte Kapitel), 2. — **Schur**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Übungen in Perspektive, 3. — **Wedekind**: Analytische Geometrie des Raumes, 3, Übungen, 1; Elemente der Mechanik, 5, Übungen, 1. — **Disteli**: Projektionslehre, 2, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik (für Chemiker), 4, Übgn., 1. — **Orsinger**: Repetitorium der Elementarmathematik, 2, Übungen, 3. —

Universität Kiel.

Lenard: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 4; Besprechungen physikalischer Fragen, 1 *g*; Praktische Übungen im physikalischen Institut, 7; Physikalische Untersuchungen, tägl., ausser Sonnabend. — **Weber**: Potentialtheorie, 4; Physikalische Technologie, mit besonderer Berücksichtigung des Eisenbahnwesens, verbunden mit Exkursionen, 2; Elektrische Messungsmethoden, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Leitung ausgewählter physikalischer Mess-

ungen und Untersuchungen, tägl., ausser Sonnabend. — **Claisen**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum in der anorganischen Abteilung (mit Biltz), tägl., ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum in der organischen Abteilung, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Rügheimer), 4. — **Rügheimer**: Über die Alkaloide und deren Ermittelung bei Vergiftungsfällen, 1; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Claisen), 4; Einführung der Mediziner in das praktische Studium der Chemie (im Anschluss an das Praktikum für Mediziner), 1 *g*. — **Biltz**: Analytische Chemie, 2; Chemisches Praktikum in der anorganischen Abteilung (mit Claisen), tägl., ausser Sonnabend; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, 2; Exkursionen im Zusammenhange mit dem vorstehenden Kolleg, *g*. — **Emmerling**: Agrikulturchemie, 1 *g*. — **Stöhr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feist**: Chemie der Pyridinderivate (Alkaloide), 1; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 14 tg., 1 Abend, *g*. — **Berend**: Stöchiometrische Übungen, 1. — **Harzer**: Spezielle Störungen, 3; Übungen im numerischen Rechnen, 1 *g*; Übungen in Beobachten, an klaren Abenden, *g*. — **Kreutz**: Bestimmung der Bahnen der Doppelsterne, 2; Astronomische Übungen, 2 *g*. — **Pochhammer**: Einleitung in die Algebra und Determinantenlehre, 4; Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Stäckel**: Differentialrechnung und Einleitung in die Analysis, 4; Höhere Dynamik starrer Körper, 4; Geschichte der Mathematik seit der Renaissance, 1 *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. —

Universität Königsberg.

Pape: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik und Wärmelehre, 5; Spektralanalyse, mit Demonstrationen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, in zu bestimmenden Stunden. — **Volkmann**: Elektrodynamik, 4; Ergänzungen und Erläuterungen zur Elektrodynamik, insbesondere betreffend die in Betracht kommenden Grundbegriffe der Mechanik, 1 *g*; Physikalisch-theoretische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 1 *g*; Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6. — **Lossen**: Organische Experimentalchemie, 5; Repetitorium der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum im Laboratorium, tägl.; Kleines chemisches Praktikum. — **Klinger**: Organische Chemie, 4; Darstellung anorganischer Arzneimittel, 2; Lötrohr- und Spektralanalyse, 1 *g*; Übungen im Laboratorium, tägl. — **Stutzer**: Die Chemie der Ernährung von Pflanzen, 4; Kleines chemisches Praktikum für Anfänger, 10; Grösseres chemisches Praktikum für Geübtere, tägl., ausser Sonnabend. — **Löwenherz**: Einleitung in die anorganische Chemie, 1 *g*; Benzolderivate einschl. der wichtigsten Farbstoffe, 2; Elektrochemische u. physikalisch-chemische Übgn. und Arbeiten, in zu bestimmenden Stunden, *g*. — **Blochmann**: Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie und Besichtigung der einschlägigen Fabrikanlagen, Mittwoch Nachmittag; Ausgewählte Kapitel aus der quantitativen Analyse, 1 *g*. — **Kippenberger**: Angewandte Elektrochemie, 1 *g*; Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 1. — **Saalschütz**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Über Gauss' trigonometrische und andere interessante Reihen, 1 bis 2 *g*. — **Vahlen**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*. — **Schönflies**: Differentialgeometrie der Raumkurven und krummen Flächen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Meyer**: Einleitung in die Zahlentheorie, 4, Übungen, 1 *g*. — **Müller**: Einführung in die darstellende Geometrie mit Übungen, 4. — **Struve**: Einleitung in die Himmelsmechanik, 3; Praktische Übungen für Anfänger (mit Cohn), 2 *g*. — **Cohn**: Theorie der Beobachtungsfehler (Ausgleichungsrechnung), 2; Über die Bestimmung der Entfernungen der Gestirne, 1 *g*; Praktische Übungen für Anfänger (mit Struve), 2 *g*. — **Rahts**: Methode der kleinsten Quadrate, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Schall, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum, 12; Physikalisches Kolloquium (mit Boltzmann), 2 *g*. — **Boltzmann**: Wärmetheorie, 3; Elastizität und Hydromechanik, 2; Physikalische Übungen, 1 *g*; Physik. Kolloquium (mit Wiener), 2 *g*. — **Wislicenus**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Pflanzen- und Tierstoffe, $1^1/_2$ *g*; Chem. Vollprakt. (mit Stobbe und Rassow), tägl.; Chemisches Halbpraktikum tägl., ausser Sonnabend. — **Ostwald**: Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Besprechung wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g*; Naturphilosophie, 1. — **Beckmann**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Besprechung pharmazeutisch-chemischer Präparate: Anorganische Präparate, 2 *g*; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4; Pharmazeutisch-toxikologisches Praktikum, halbtägig, tägl. — **Weddige**: Technische Chemie, mit Exkursionen, 2. — **Stobbe**: Organische Experimentalchemie II: Die aromatischen Verbindungen, 2; Vollpraktikum für Geübtere (mit Wislicenus und Rassow), tägl. — **Rassow**: Chemische Technologie I: Brennstoffe und anorganische Betriebe, 2; Über die Derivate der Kohlensäure und des Cyans, 1; Synthetische Methoden der organ. Chemie, 1; Chemisches Vollpraktikum für Fortgeschrittenere (mit Wislicenus und Stobbe), tägl. — **Knoblauch**: Beurlaubt. — **Wagner**: Methodik und Didaktik des chem. Unterrichts, 1; Massanalyse, 1; Quantitative Analyse (mit Ausnahme der Massanalyse), 1; Chem. Prakt. für Lehrer (Analyse u. Schulversuche), halbtäg., tägl. — **Luther**: Physikal.-chem. Messmethoden, 2. — **Bodenstein**: Chemische Kinetik, 2. — **Bredig**: Allgemeine und physikalische Chemie I: Stöchiometrie, 4. — **Scheibner**: Liest nicht. — **Neumann**: Theorie des Potentials und der Kugelfunktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Hölder**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Über die wissenschaftlich strenge Begründung der Arithmetik, 1; Mathematisches Seminar: Übungen in Differentialgleichungen, 1 *g*. — **v. Oettingen**: Geometrisch-perspektiv. Zeichnen, mit praktischen Übungen, 2. — **Engel**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4; Differentialinvarianten (Fortsetzung), 1; Projektive Geometrie und Invariantentheorie (Fortsetzung der projektiven Geometrie), 2; Im mathematischen Seminar: Übungen in den Differentialinvarianten (mit Kowalewski), 1 *g*. — **Hausdorff**: Differentialgeometrie: Theorie der Kurven und Flächen, 4; Mengenlehre, 2. — **Kowalewski**: Algebraische Analysis, 4; Liniengeometrie, 2; Übungen zur algebraischen Analysis, 1 *g*; Übungen über Differentialinvarianten (mit Engel), 1 *g*. — **Liebmann**: Algebraische Gleichungen, 2; Synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 2; Ausgewählte Kapitel der Zahlentheorie, 1 *g*. — **Bruns**: Allgemeine Astronomie und Astrophysik, 4; Geometrische Optik, 2; Seminar für wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Praktische Übungen auf der Sternwarte (mit Peter), *g*. — **Mayer**: Wird eventuell später noch ankündigen. — **Peter**: Astronomische und technische Chronologie, 2; Praktische Übungen auf der Sternwarte (mit Bruns), *g*. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik I: Mechanik und Optik, 5; Physikalisches Kolloquium, 1; Praktische Übungen (mit Feussner), 12. — **Feussner**: Theoretische Physik II: Elektrizität und Magnetismus, 4; Theorie der Beobachtungen, 1; Praktische Übungen (mit Richarz), 12. — **Schaum**: Anleitung zur Ausführung und Berechnung physikalisch-chemischer Messungen, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3; Wissenschaftlich-photographisches Praktikum, 3; Anleitung zu Schulversuchen, 2. — **Zincke**: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie für Chemiker und Mediziner, 6; Repetitorium für Mediziner über organische Chemie, 1; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Schenck), tägl. — **E. Schmidt**: Anorganische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel (mit Fritsch und Gadamer), tägl. — **Fittica**: Theoretische Chemie, 2; Neuere Geschichte der Chemie, 1. — **Fritsch**: Praktische Übungen in der analytischen Chemie (mit E. Schmidt),

tägl.; Qualitative Analyse, 1; Teerfarbstoffe, 2. — **Gadamer**: Technologie der Nahrungsmittel, 2; Repetitorium u. Examinatorium der Chemie für Pharmazeuten, 4; Chemie der Nährstoffe, 1; Praktische Übungen in der Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, im Laboratorium des pharmazeutisch-chemischen Instituts (mit E. Schmidt), tägl. — **Schenck**: Chemische Technologie, Anorganischer Teil, 3; Einführungen in die ersten Arbeiten im Laboratorium und in die analytische Chemie, 2; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Zincke), tägl. — **Schottky**: Differentialrechnung, 4; Variationsrechnung, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 4. — **E. Hess**: Geometrie der Ebene in analytischer und synthetischer Behandlung, 4; Integration der Differentialgleichungen, 3; Ausgewählte Kapitel der angewandten Mathematik, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 3. — **v. Dalwigk**: Einleitung in die höhere Mathematik, besonders für Chemiker, 3, Übgn., 1; Kollineation und Perspektive (mit Übungen), 2. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik II, 5; Praktische Übgn. im physikalischen Laboratorium (mit Grätz und Zehnder), 4 resp. 12; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Grätz**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Analytische Mechanik II, 4; Physikalisches Praktikum (mit Röntgen), 4. — **Donle**: Einführung in die moderne Elektrizitätslehre, 2. — **Zehnder**: Ausgewählte Kapitel aus der Akustik, mit Demonstrationen, 2. — **v. Baeyer**: Organ. Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Hofmann und Piloty in der unorgan., mit Königs und Thiele in der organischen Abteilung), tägl., ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Piloty), 6. — **Hilger**: Pharmazeutische Chemie II, 4; Forense Chemie, 1 *g*; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Nahrungsmittelchemie II (vegetabilische Nahrungsmittel, Gebrauchsgegenstände, Wasser), 2; Chemisches Praktikum: Arbeiten auf dem Gesamtgebiete der angewandten Chemie, speziell der Nahrungsmittel, physiologische Chemie und elektrochem. Arbeiten (mit Weinland), halb- und ganztägig; Spezialkursus für Studierende der Pharmazie, halbtägig. — **Königs**: Alkaloide, 1 *g*; Praktische Arbeiten in der organischen Abteilung des chemischen Laboratoriums (m. v. Baeyer und Thiele). — **Thiele**: Teerfarben und ihre Anwendung in der Färberei, 4; Praktische Übungen in der organischen Abteilung des chemischen Laboratoriums (m. v. Baeyer und Königs). — **K. Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: Alkalimetalle, Erdalkalien und Schwermetalle, für Anfänger und Vorgeschrittene, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4; Praktikum für Spektralanalyse, 2; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit v. Baeyer und Piloty), ganz- und halbtägig, tägl., ausser Sonnabend. — **Piloty**: Über massanalytische Methoden, 2; Über elektrolytische Methoden, 1; Elektrolytisches Praktikum, ganztägig; Praktische Arbeiten im chem. Laboratorium (mit v. Baeyer und Hofmann), ganz- und halbtägig, tägl., ausser Sonnabend. — **Willstätter**: Neuere Literatur der organischen Chemie, 1; Terpene und Kampher, 1. — **Dieckmann**: Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **Weinland**: Prüfung und Wertbestimmung der Arzneimittel mit Berücksichtigung des deutschen Arzneibuches I, 1; Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie (mit Hilger). — **Lindemann**: Analytische Geometrie des Raumes, 5; Bestimmte Integrale und Fouriersche Reihen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Pringsheim**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1; Ergänzungen und Übungen zur Differentialrechnung, 1 *g*. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik, für Studierende aller Fakultäten, 4. — **Döhlemann**: Darstellende Geometrie II: Axonometrie, Perspektive, 2, Übungen, 2; Das Imaginäre in der Geometrie, 1 *g*. — **v. Weber**: Enzyklopädie der Elementargeometrie, 3; Neuere geometrische Theorien, 3. — **Korn**: Potentialtheorie, 4. — **Erk**: Meteorologische Instrumentenkunde, Vorträge mit Übungen, 3, hierzu Exkursionen; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Meteorologie, tägl., *g*. — **Seeliger**: Mechanik des Himmels II: Methoden von Jacobi und Hamilton, 3; Praktische Übgn. an den Instrumenten der Sternwarte (mit Schwarzschild), *g*. — **Anding**: Elemente der Astronomie, 2. — **Schwarzschild**: Interpolationsrechnung u. mechan. Quadratur, 2. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektromagnetismus, Induktion, Strahlungserscheinungen, Optik, 4; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, 48. — **Fischer**: Physikalische Grundlagen der Ionentheorie, 2; Physikalische Messungen und Messinstrumente (zur Vorbereitung für das physikalische Praktikum), 1. — **Edelmann**: Physikalische und elektrotechnische Übungen für Vorgeschrittene, nach Vereinbarung. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, 2, Übungen, 1; Elektrotechnik für Maschineningenieure und Chemiker, 3, Übungen, 2; Theorie und Konstruktion der Messinstrumente und Elektrizitätszähler, 2. — **Heinke**: Grundzüge der Elektrotechnik für Elektroingenieure II, 3; Elektrotechnische Messkunde II, 2; Elektrotechnisches Praktikum I: Messtechnik und Photometrie, 4; Elektrische Arbeitsübertragung und Centralanlagen, Übungen, 4. — **N. N.**: Starkstromtechnik, 2; Theorie und Konstruktion der Schalt- und Regulierapparate sowie Kostenberechnung von Maschinen und Apparaten, 2; Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Gleichrichtern und Transformatoren, 4; Konstruktionslehre der Gleichstrommaschinen, 2; Entwerfen von Wechsel- und Gleichstromkonstruktionen, 4. — **Muthmann**: Allgemeine Experimentalchemie einschliesslich der Grundzüge der organischen Chemie, 5; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10—30; Spezielle Arbeiten aus dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Schultz**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20 bis 30; Chemische Technologie III: Organische Farbstoffe einschliesslich der Färberei, Mineralfarben, 4; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30. — **Eibner**: Über Pyridin- und Chinolinderivate, 1. — **Lipp**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Massanalyse I, 4; Brennmaterialien und Feuerungsanlagen mit Einschluss der technischen Gasanalyse II, 3, Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **Rohde**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie mit Berücksichtigung der Tageslitteratur, 1. — **Hofer**: Elektrochemie II, 3. — **Lintner**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Gährungschemisches Praktikum nebst Übungen in der Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, 15—30; Technologie und Warenkunde mit besonderer Berücksichtigung der Gährungsgewerbe I: Anorganische Waren, 2. — **Föppl**: Praktikum im mechanisch-technischen Laboratorium, 2; Technische Mechanik, einschliesslich der Elemente der graphischen Statik und der analytischen Mechanik I (Einführung in die Mechanik), 4, IV (Dynamik), 3. — **v. Braunmühl**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 4, Übungen, 1; Projektivische Geometrie, 4, Seminar, 1; Mathematisch-historisches Seminar, 1. — **Finsterwalder**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 2; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Dyck), 2; Anwendung der höheren Mathematik auf technische Probleme, 2. — **Dyck**: Potentialtheorie, 4; Mathematisches Seminar (Vortragsübungen), 2; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder), 2. — **Emden**: Analytische Mechanik, 3, Übungen, 1. — **Burmester**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde II, 4, Praktikum II, 4 oder 8; Hauptvermessungsübungen, 1 oder 2 Wochen; Katastermessungen, 3, Praktikum IV, 10; Kartierungsübungen, 4. — **Hohenner**: Repetitorium über die Lehre von den geodätischen Messinstrumenten, 2. — **Anding**: Elemente der Astronomie, 2. —

Akademie Münster.

Hittorf: Liest nicht. — **Salkowski**: Organische Chemie II: Die zyklischen Verbindungen, 5; Schwermetalle, 2 *g*; Praktische Übungen und Leitung wissenschaftlicher Arbeiten im chemischen Institut, 39. — **König**: Analytische Chemie (Metalloide), 1; Hygiene, 2 *g*; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 39 *g*. — **Kassner**: Pharmazeutische Chemie (anorganischer Teil) mit Demonstrationen und Experimenten, 4; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, 1; Pharmazeutisch-chemische und toxikologische Übungen im Laboratorium. — **Killing**: Differential- und Integralrechnung I, 3; Synthetische Geometrie, 4; Ausgewählte Kapitel der

Elementarmathematik, 2; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*; Übungen zur Differential- und Integralrechnung, 1 *g*. — **v. Lilienthal**: Analytische Geometrie I, 4; Analytische Mechanik I, 4; Übungen des mathematischen Oberseminars, 1 *g*.

Die Ankündigung der physikalischen Vorlesungen und Übungen im Sommerhalbjahr 1901 erfolgt später, nach Neubesetzung der durch den Tod Professor Ketteler's erledigten ordentlichen Professur für Physik.

Universität Prag.

Lecher: Experimentalphysik, 5; Arbeiten zu selbständ. Untersuchgn., *g*. — **v. Geitler**: Physikalisches Praktikum, 9; Dioptrik, 2. — **v. Oppolzer**: Über Strahlenbrechung und Extinktion in allgemeinen Atmosphären, 1. — **Oppenheim**: Theorie der Ebbe und Flut, 2. — **Jaumann**: Physikalische Chemie, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, *g*. — **Lippich**: Theorie des Magnetismus, 3; Theorie der Vektorfelder, 2 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Goldschmiedt**: Organische Chemie, 5; Ausgewählte Kapitel der Chemie, 1 *g*; Chemische Übungen für Mediziner, Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, *g*. — **Gintl**: Anleitung zur Ausführg. gerichtlich-chemischer Untersuchungen, 4. — **Brunner**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 3. — **v. Garzarolli**: Ausmittelung der Gifte, 1; Massanalyse, 2. — **Meyer**: Alkaloide, 2. — **Pelikan**: Chemische Mineralogie, 5; Krystallographisches Praktikum, 3; Arbeiten im mineral. Institute, *g*. — **Pick**: Einführung in die Differential- und Integralrechnung, 4; Einige mathematische Grundbegriffe, 1; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Weinek**: Theorie des Äquatoreals und seiner Mikrometer, 3; Praktischer Beobachter am Äquatoreal, 2; Über Doppelstern- und Satelliten-Bahnbestimmung, 1 *g*. — **Spitaler**: Astronomische und physikal. Erdkunde, 2. —

Universität Rostock.

Matthiessen: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik. Mechanik, Optik, 5; Physikalisches Seminar, 2 *g*; Kleines physikalisches Praktikum für Mathematiker, Mediziner, Chemiker und Pharmazeuten, 12; Grosses physikalisches Praktikum für Geübtere (mit Wachsmuth), tägl. — **Wachsmuth**: Ausgewählte Kapitel der Hydrodynamik und Elektrodynamik, 3; Grosses physikalisches Praktikum für Geübtere (mit Matthiessen), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Kümmell), 14 tg., 2. — **Kümmell**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen für Anfänger, 3; Elektrochemische Analysen und Präparate, 3; Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Wachsmuth), 14 tg., 2. — **Michaelis**: Anorganische Chemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium, a) grosses Praktikum, tägl., ausser Sonnabend, b) kleines Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner, 4, d) Übungen für Nahrungsmittelchemiker, 4. — **Heinrich**: Agrikulturchemisches Praktikum, 6. — **Störmer**: Massanalyse, 1; Aromatische Verbindungen, 4; Repetitorium der aliphatischen Reihe, 2. — **Staude**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Darstellende Geometrie, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. —

Universität Strassburg.

Braun: Experimentalphysik I: Mechanik, Molekularphysik, Optik, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arb., tägl., ausser Mittwoch; Physikalisches Kolloquium 2 *g*. — **Cohn**: Theorie der Wärme, 3; Ausgewählte Kapitel der Elektrizitätslehre, 1 *g*. — **Zenneck**: Über elektromagnetische Schwingungen (experimentell) I; Langsame Schwingungen, Wechsel- und Drehströme. — **Cantor**: Photochemie und Photographie, 1. — **Hergesell**: Theorie und Praxis der wissenschaftlichen Ballonfahrten, 2. — **Fittig**: Allgemeine Experimentalchemie, organischer Teil, 5; Chemische Übungen und Untersuchungen im Laboratorium (mit Rose), tägl., ausser Sonnabend. — **Rose**: Chemische Technologie der schweren Metalle, 5; Analytische Chemie, 4. — **Erlenmeyer**: Über den Aufbau organischer Verbindungen, 1. — **Köhl**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen organischen Chemie, 2. — **Kreutz**: Nahrungsmittelchemie II: Alkoholische Getränke und alkoloidhaltige Genussmittel, 1. — **Schär**: Pharmazeutische Chemie, 5; Übungen und Untersuchungen im Laboratorium des pharmazeut. Instituts, tägl., ausser Sonnabend; Pharmakognost. Praktikum, 4; Grundzüge der physiologischen Chemie, für Pharmazeuten, 2; Ausgewählte Arzneistoffe der nord- und südamerikanischen Pharmazie, 1 *g*. — **Roth**: Differential- und Integralrechnung, 3, Übungen, 2 *g*; Analytische Geometrie der Ebene, 3. — **Krazer**: Bestimmte Integrale, 3; Analytische Geometrie des Raumes, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Lehre von den Thetafunktionen, 2; Übungen des mathematischen Seminars, untere Abteilung, 1. — **Reye**: Ausgewählte Kapitel der höheren synthetischen Geometrie, 3; Theorie der Kräfte, die nach Newtons Gesetz wirken (Potentialtheorie), 3; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*. — **Weber**: Theorie der Abelschen Funktionen, 4; Anwendung der elliptischen Funktionen auf Mechanik und Physik, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars, $1^1/_2$ *g*. — **Timerding**: Flächentheorie, 2. — **Wellstein**: Darstellende Geometrie II, 2. — **Becker**: Sphärische Astronomie insbesondere in ihrer Anwendung auf astronomisch-geographische Ortsbestimmung, verbunden mit praktischen Übungen, 2; Elemente der höheren Geodäsie, 2; Astronomische Beobachtungen an den Instrumenten der Sternwarte, in zu verabredenden Stunden; Seminaristische Übungen (Kolloquium), in zu bestimmenden Stunden, *g*. — **Wislicenus**: Spektroskopie des Himmels, 1; Astronomisch-chronologische Übungen, 1; Besprechung der neuesten litterarischen Erscheinungen auf astronomischem Gebiete, 1 *g*. — **Kobold**: Methoden der Parallaxenbestimmung, 2. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrodynamik, Optik, 4; Physikalisches Praktikum I u. II, tägl.; Theoretische Physik: Elektromagnetismus und Induktion, 2. — **Englisch**: Theoretische Grundlage der Photographie, mit Demonstrationen, 1—2. — **Dietrich**: Spezielle Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Messkunde I, 2; Elektrotechnische Übungen (mit Herrmann), tägl., ausser Sonnabend. — **Herrmann**: Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 3; Elektrotechnische Litteratur (mit Mollenkopf und Berner), 1. — **Kauffmann**: Physikalische Chemie, 1; Chem.-phys. Kolloquium, 1; Repetitorium der anorgan. Chemie, 2. — **Hell**: Allgem. Experimentalchemie, 4; Übungen im Laboratorium für allgemeine Chemie (mit Kehrer); Organische Chemie, 2; Theoretische Chemie, 2. — **Kehrer**: Analytische Chemie, 2. — **J. Schmidt**: Chemisch-technische Analyse, 1; Geschichte der Chemie in den letzten 100 Jahren, 1. — **O. Schmidt**: Chemie der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Spindler**: Physiologisch-chemische Analyse: Untersuchung von Magensaft, Blut u. s. w., 2. — **Philip**: Technische und Handels-Analysen organischer Produkte, 1. — **Häussermann**: Technische Chemie, 2; Chemische Technologie der Baumaterialien, 1; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie, tägl., ausser Sonnabend; Elektrochemie, 1—2. — **Haller**: Trigonometrische Übungen, 2. — **Roth**: Mathematische Geographie, mit Übungen, 2. — **Bretschneider**: Repetitionen in niederer Mathematik, 1. — **Reuschle**: Analytische Geometrie der Ebene (mit Roth), 3, Übungen, 1; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; III, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar (mit Mehmke), 1. — **Wölffing**: Krümmungstheorie, 3; Partielle Differentialgleichungen, 1 *g*. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie (mit Roth), 4, Übungen, 6; Schattenkonstruktionen und Perspektive, 1—2, Übgn. nach Vereinbarung; Kinematik, 2, Übungen, 1. — **Göller**: Perspektive, 2. — **v. Weyrauch**: Einleitung in die mathematische Theorie der Elastizität, 2. — **Autenrieth**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 6. — **Hammer**: Praktische Geometrie II, 4, Übungen, 21; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, Übungen, 2; Astronomische Zeit- und Ortsbestimmung, Übungen, 1. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik: Mechanik, Optik, 5; Physikalische Übungen, für Anfänger, 4; Leitung selb-

ständiger Untersuchungen, tägl. — **Waitz**: Theoretische Physik I: Einleitung und Theorie der Wärme, 3, Übungen, 2; Populäre Astronomie, 2. — **v. Hüfner**: Ausgewählte Kapitel aus der physiologischen Chemie, 2; Praktisch-chemische Übungen, für Mediziner (mit Küster) a) erster Kursus für Anfänger, 9, b) zweiter Kursus für Vorgerücktere, 6; Physiologisch-chem. Arbeiten für Geübtere, tägl. — **v. Pechmann**: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl., ausser Sonnabend, a) für Anorganiker (mit Paul) mit Kurs für Anfänger, ganz- und halbtägig, b) für Organiker, ganztägig; Leitung selbständ. Untersuchungen. — **Paul**: Pharmazeutische Chemie: Organ. Teil, 3; Elementare Darstellung der Elektrochemie auf experimenteller Grundlage, 2. — **Bülow**: Chemie der mehrkernigen heterozyklischen aromatischen Verbindungen, 2; Theorie und Praxis des Patentgesetzes mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Industrie, 1. — **Küster**: Chemie der Kohlenhydrate, 1; Repetitorium der Chemie für Mediziner, 2. — **Wedekind**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie I: Terpene, Cyanverbindungen, Harnstoffgruppe und Diazokörper, 2; Die Haupterrungenschaften der modernen Chemie, 1. — **Dimroth**: Über neuere chemische Litteratur, 1. — **v. Brill**: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Theorie der Krümmung der Flächen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Stahl**: Niedere Analysis, 3; Höhere Analysis I: Differentialrechnung, 4; Übungen im mathematischen Seminar a) für niedere Analysis, 1, b) für höhere Analysis, 1. — **Maurer**: Synthetische Geometrie, 2, Übungen, 1; Darstellende Geometrie I, 2, Übungen, 2. —

Universität Wien.

Mach: Entwicklung der Mechanik, 2. — **v. Lang**: Experimentalphysik für Philosophen und Mediziner II, 4; Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*. — **Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6; Physikalisches Praktikum für Chemiker und Naturhistoriker, 4; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Konversatorium, 1. — **Jäger**: Thermodynamik, 2; Kinetische Gastheorie, 2; Wärmeleitung, 1. — **Moser**: Experimentalphysik für Hörer der Medizin und der Philosophie (insbesondere Elektrizität und Optik), 4; Demonstrationen und Übungen an und mit physikalischen Apparaten als Ergänzung der Experimentalvorlesung, 1; Einführung in die mathematische Physik für Hörer der Medizin und der Philosophie, 1. — **Lampa**: Physikalisches Praktikum für Mediziner, 1. — **Hann**: Allgemeine Meteorologie II: Witterungslehre, 2; Ergebnisse der erdmagnetischen Beobachtungen, $1^1/_2$; Anleitung zur Berechnung meteorologischer Beobachtungen, $1^1/_2$. — **Trabert**: Thermodynamik der Atmosphäre, 1. — **Benndorf**: Kapillarität, 1; Übungen im praktisch-physikalischen Rechnen, 2. — **v. Schweidler**: Die Grundgleichungen des elektromagn. Feldes nach Maxwell und Hertz, 2. — **Meyer**: Analytische Mechanik, 3. — **Hasenöhrl**: Hydromechanik, 2. — **Lieben**: Experimentalchemie II: Organische Chemie (mit Berücksicht. auch medizinischer Hörer), 5; Chemische Übungen, für Anfänger, 40, für Mediziner, 4; Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, tägl. — **Lippmann**: Organische Chemie II: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemische Übungen für Anfänger, 40; Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, tägl. — **Herzig**: Pharmazeutische Chemie, 5; Über Alkaloide II, 1; Analytische Chemie, qualitativer Teil, 3; Über Titriermethoden, 1; Über die Bestimmung organischer Gruppen, 1. — **Wegscheider**: Repetitorium d. analytischen Chemie für Pharmazeuten, 1. — **Pomeranz**: Thermochemie, 1; Gärungschemie, 1. — **Franke**: Anleitung zur chemischen Analyse, 2. — **Pollak**: Stereochemie des Stickstoffes, 1. — **Wenzel**: Chemische Technologie, Grossindustrie, 1. — **v. Escherich**: Variationsrechnung, 5; Mathematische Statistik, 3; Proseminar für Mathematik, 1; Seminar für Mathematik, 2. — **Gegenbauer**: Theorie der quadratischen Formen 2; Zahlentheorie II, 3; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Übungen im mathematischen Proseminar, 1; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Mertens**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, auch für Naturhistoriker, Physiker, Mediziner und Versicherungstechniker, II, 5, Übungen, 2 *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 2, Übungen im mathematischen Proseminar, 1. — **Kohn**: Synthetische Geometrie (Fortsetzung), 4, Übgn., 1 *g*. — **Sersawy**: Vorlesungen über Versicherungsmathematik I: Zeitrenten, Versicherung einzelner Leben (Fortsetzung aus dem I. Semester), 3; Vorlesungen über Versicherungsmathematik II: Versicherung verbundener Leben, Invaliditätsversicherung (Fortsetzung aus dem I. Semester), 4. — **Tauber**: Analytische Geometrie des Raumes 3; Versicherungsmathematik, 3; Übungen aus der Versicherungsmathematik, 2 *g*. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Daublebsky v. Sterneck**: Über die Anzahl der Primzahlen zwischen gegebenen Grenzen, 1. — **Gmeiner**: Quaternionen und deren Anwendung auf die Bewegung des Punktes, 1. — **Weiss**: Praktische Astronomie, 4. — **Schram**: Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 2. — **Hillebrand**: Die Methoden der geographischen Ortsbestimmung, für Hörer der Geographie, 3. — **Hartl**: Anleitung zu kartographischen Arbeiten auf Forschungsreisen, 4. —

Technische Hochschule Wien.

Ditscheiner: Allgemeine und technische Physik, 5; Physik für Chemiker, 2, Übungen, 1. — **Hochenegg**: Elektrotechnik, 4, Praktische Übungen und Untersuchungen, 4. — **Sahulka**: Theorie der Wechselströme und deren Anwendung in der Praxis, 3. — **Grau**: Elektrisches Beleuchtungswesen, 1. — **Reithoffer**: Elektromotoren und elektrische Kraftübertragung, 2. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. — **Lisnar**: Erdmagnetismus, 2. — **Kobes**: Theoretische Maschinenlehre, 4. — **v. Radinger**: Maschinenbau I, 5, Übungen, 13. — **v. Hauffe**: Maschinenbau II, 5, Übungen, 15. — **Engländer**: Allgemeine Maschinenkunde, 3. — **Meter**: Feuerungstechnik, Heizung, Lüftung und sonstige gesundheitstechnische Ausbildung von Wohn-, Fabriks- und öffentlichen Gebäuden, 3. — **Bauer**: Allgemeine Chemie II: Organ. Chemie, 5, Übgn., 20. — **Vortmann**: Analyt. Chemie, 4, Übungen, 20. — **Paweck**: Elektrochemie, 2. — **Lippmann**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 3. — **Suida**: Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 1. — **Bamberger**: Agrikulturchemie, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feitler**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen und theoretischen Chemie, 1. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Toula**: Ausgewählte Kapitel der Geophysik, 1. — **Oser**: Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 5, Übungen, 20. — **v. Perger**: Chemische Technologie der organischen Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Allé**: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Czuber**: Grundlehren der höheren Mathematik (Mathematik I), 4, Korrepetitionen, 2; II, 5. — **Sersawy**: Versicherungsmathematik I, 3; II, 4. — **Daublebsky v. Sterneck**: Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 1. — **Peschka**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4; Konstruktives Zeichnen, 6. — **Finger**: Elemente der reinen Mechanik in Verbindung mit graphischer Statik, 4, Übungen, 1; Analytische Mechanik, 2. — **N. N.**: Technische Mechanik II: Hydromechanik, 3. — **Schell**: Elemente der niederen Geodäsie, Übungen, 6; Praktische Geometrie, $7^1/_2$; Situationszeichnen, 4; Photogrammetrie, $1^1/_2$. — **Tinter**: Höhere Geodäsie II, $4^1/_2$, Übungen, 5; Übungen im geodätischen Rechnen, $2^1/_2$. —

Universität Würzburg.

W. Wien: Experimentalphysik I: Elektrizität, Magnetismus, Optik, 5, Übungen, 4 resp. 10; Anleitung zum selbständ. Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Hantzsch**: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chem. Praktikum (mit Wislicenus), ganz- und halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Wislicenus), 6; Organisches Vollpraktikum, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Wislicenus und Tafel), tägl. — **Wislicenus**: Massanalyse, 2; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Hantzsch), ganz- und halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Hantzsch), 6; Ergänzende Vorträge, 1 *g*. — **Medicus**: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halbtägig; Praktikum der angewandten Chemie, halb- und ganztägig. — **Tafel**: Heterozyklische Verbindungen, 2. — **Reitzenstein**: Über Farbstoffe, 1. —

Ley: Chemische Statik und Dynamik, 2. — **Prym**: Integralrechnung, 6, Übungen, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2 *g*. — **Voss**: Analytische und synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 4; Analytische Mechanik, 4; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2 *g*. — **Selling**: Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 4; Theorie der Planetenbewegungen, 3. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Theoretische Physik, 2; Physikalisches Praktikum a) für Anfänger, $1/2$ Tag, b) für Vorgerücktere, tägl. — **Werner**: Organische Chemie, 5; Stereochemie, 1; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere (präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten), tägl.; Elektro-chemische Übungen, 2 Nachmittage, *g*; Technisch-chemisches Praktikum (Färberei und technische Analyse), 2 Nachmittage, *g*; Chemisches Halbpraktikum für Mediziner und Veterinäre, halbtägig: Chemisches Praktikum für Lehramtskandidaten, $2^1/_2$ Tage. — **Abeljanz**: Quantitative chemische Analyse, 2; Anleitung zur elektrochemischen quantitativen Analyse, *g*; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Metalle, 1 *g*; Anleitung zu medizinisch-chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1; Chemie und Untersuchung der wichtigsten Nahrungsmittel, 1; Chemisches Praktikum a) für Mediziner und Veterinäre, an 3 Wochentagen, b) für Anfänger und Vorgerücktere, tägl.; Chemische Übungen für Lehramtskandidaten, 2 Tage. — **Schall**: Organische Elektrochemie, 1; Über Methoden der Dampfdichtebestimmung, 1 *g*. — **Burkhardt**: Algebraische Analysis, 4; Partielle Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Weiler**: Analytische Geometrie II, 2; Darstellende Geometrie II, 4; Kartenprojektionen, 2; Geograph. wichtige Instrum., 1; Synthetische Geometrie II, 2. — **Kraft**: Neuere synthetische Geometrie, 4; Analytische Geometrie, 2; Analytische Mechanik, 4. — **Gubler**: Inhalt und Methode des mathematischen Unterrichts an Mittelschulen, 2; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 3; Gammafunktionen und Besselsche Funktionen, 2. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 9; Einleitung in die Physik des Himmels, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Messmethoden der Elektrotechnik, 2; Einführung in die Theorie des Wechselstroms, 2; Elektromechanik, 2; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12 od. 24; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 od. 16. — **Pernet**: Physik I, 4, Repetitorium, 1; Mathematische Ergänzung zur Vorlesung über Physik, 1; Physikalisch-technische Präzisionsmessungen II: Messung hoher und tiefer Temperaturen, Kalorimetrie, 1; Anleitung zum physikalischen Praktikum, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im physikalischen Laboratorium, für Vorgerücktere, 4, 6, 12 bezw. 24. — **Denzler**: Anleitung zum Projektieren elektrischer Anlagen, 2. — **Farny**: Wechselstromdiagramme, 1. — **Schweitzer**: Einführung in die Maxwellsche Theorie, 2 *g*. — **Tobler**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Telegraphie und Telephonie (Fortsetzung), 1 *g*. — **Wyssling**: Bau von Dynamomaschinen und elektr. Centralanlagen I, 4. — **Lorenz**: Technische Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 4; Elektrochem. Praktikum für Vorgerücktere, 15; Anwendungen physikalischer Methoden in der Chemie (mit Constam), $1/2$ Tag; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum (mit Constam), tägl. — **Constam**: Physikalische Chemie II, 1; Organische Elektrochemie, 1 *g*; Anwendungen physikalischer Methoden in der Chemie (mit Lorenz), $1/2$ Tag; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum (mit Lorenz), tägl. — **Barbieri**: Photographie II, 1; Photographisches Praktikum, 15; Photogrammetrie, 1. — **Bamberger**: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organ. Chemie II: Benzolderivate, 3, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 od. 24. bezw. tägl.; Chemisches Praktikum (mit Treadwell), 2 bezw. 4. — **Bosshard**: Einführung in die Agrikulturchemie, 1. — **Burger**: Graphische Vervielfältigungsverfahren, 2. — **Gnehm**: Künstliche organ. Farbstoffe, 3, Repetitorium, 1; Nahrungsgewerbe, 2; Beleuchtungsindustrie, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 od. 24 bezw. tägl. — **Grete**: Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden, 2 *g*. — **Hartwich**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ätherische Öle, 1; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Technische Botanik II: Untersuchung von Nahrungsmitteln und Gewürzen, 2; Warenkunde, 2; Mikroskopische Übungen in der Nahrungsmittelkunde, 2 Vormittage; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, tägl.; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl. — **Lunge**: Anorganische chemische Technologie, 3, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Baumaterialien und Explosivstoffe, 2; Technisch-chemisches Praktikum, 16 od. 24 bezw. tägl. — **Schulze**: Organische Chemie, 3, Repetitorium, 1; Agrikulturchemie II: Fütterungslehre, 2; Übungen im agrikultur-chemischen Laboratorium, 4 und 8; Agrikultur-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, 24. — **Treadwell**: Analytische Chemie II, 2; Chem.-technische Analyse mit Übungen, 4; Probierkunde mit Übgn., 2; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 od. 24 bezw. tägl.; Chemisches Praktikum (mit Bamberger), 2 bezw. 4. — **Winterstein**: Anleitung zu den Übungen im agrikultur-chem. Laboratorium, 1; Physiologische Chemie (ausgewählte Kapitel), 2; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **A. Weber**: Mechanik und Maschinenlehre, 4, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 4; Feuerungsanlagen, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Stodola**: Dampfmaschinenbau II, 4, Repetitorium, 1; Maschinenkonstruieren, 12; Gasmotoren (Fortsetzung), 1; Übgn. in der kalorischen Abteilung des Maschinenlaboratoriums, $1/2$ Tag. — **Escher**: Mechanische Technologie I: Metallurgie, 4, Repetitorium, 1; Mechanische Technologie II: Spinnerei und Weberei, 3, Repetitorium, 1; Maschinenlehre, 4, Übungen, 4. — **Fliegner**: Praktische Hydraulik, 2; Theoretische Maschinenlehre I (Einleitung), 2, Übungen, 2; Theoretische Maschinenlehre III: Lokomotiven, 3, Übungen, 2. — **Herzog**: Mechanik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 2. — **Meyer**: Maschinenzeichnen, 2, Übungen, 6; Skizzierübungen, 2; Maschinenbau: Transmissionen und Hebezeuge, 4, Repetitorium, 1; Maschinenkonstruieren und Demonstrationen im Laboratorium, 9. — **Prášil**: Hydraul. Motoren und Pumpen I, 2, Repetitorium, 1; Konstruktionsübungen und Demonstrationen im Laboratorium, 3; Fabrikanlagen, 2; Übungen in der hydraulischen Abteilung des Maschinenlaboratoriums, $1/2$ Tag. — **Zwicky**: Ingenieurkunde, 3, Übungen, 2; Vermessungskunde, 3; Feldmessen, 1 Tag; Strassen- und Wasserbau, mit Repetitorium, 4, Konstruktionsübungen, 4; Kulturtechnik, 3, Konstruktionsübungen, 4. — **Becker**: Planzeichnen, 2 bezw. 4; Kartenzeichnen, 3; Techn. Topographie, 1; Krokieren, 1; Mitwirkung bei den Vermessungsübungen, 1 Tag. — **Beyel**: Flächen zweiten Grades, 3; Perspektive, 2. — **Decher**: Vermessungskunde, 5, Repetitorium, 1, Vermessungsübungen, 1 Tag; Vermessungsarbeiten am Schluss des Sommersemesters, 2 Wochen. — **W. Fiedler**: Darstellende Geometrie, 2, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Analytische Geometrie der Lage, 2. — **Franel**: Calcul intégral, 4, Répétition, 1, Exercices, 2. — **Geiser**: Ebene Kurven, 4; Ausgewählte Probleme der Geometrie, 2; Mathematisches Seminar (mit Minkowski), 2. — **Hirsch**: Theorie der linearen Differentialgleichungen, 2. — **Hurwitz**: Integralrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **J. Keller**: Repetition der darstellenden Geometrie: Axonometrie, Kollinkation, Kegel-, Rotations- und Schraubenflächen, 2; Auflösung der allgemeinen Gleichungen 3. und 4. Grades, sowie beliebiger Gleichungen durch Annäherung, 2; Repetition der Differential- und Integralrechnung an Hand von Übgn., 2 — **Kraft**: Analytische Mechanik, 4. — **Lacombe**: Géométrie descriptive, 2, Répétition, 1, Exercices, 4; Géométrie réglée, 2. — **Minkowski**: Funktionentheorie, 4; Quadratische Formen, 2; Mathematisches Seminar (mit Geiser), 2. — **Rebstein**: Ausgleichungsrechnung, 2, Repetitorium, 1, Übgn., 2; Katastervermessung und Güterzusammenlegung, 2; Versicherungsmathematik, 2. — **Rudio**: Anwendung der höheren Mathematik, 4. — **A. Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Einleitung in die Physik des Himmels, 2. —

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 27. 6. April 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Elektrische Brechungsexponenten gemessen mit einem abgeänderten Radiomikrometer.

Von George Pierce.[1])

Nachstehend sollen Beobachtungen des Brechungsexponenten verschiedener fester Dielektrika für kurze elektrische Wellen wiedergegeben werden. Es gelangten zur Untersuchung: Paraffin, Hartgummi und verschiedene Holzarten; letztere sind dadurch besonders interessant, dass sie doppelbrechend sind.

Die hierbei benutzten Geber und Empfänger sind in einer früheren Arbeit beschrieben, auf deren in dieser Zeitschrift veröffentlichte Übersetzung verwiesen sei[2]). Der Empfänger ist, kurz gesagt, ein insofern abgeändertes Radiomikrometer, als in dem beweglichen System desselben ein elektrischer Resonator und das Thermoelement miteinander vereinigt sind. Er ist in der Brennlinie eines parabolischen Zylinderspiegels aus Metall aufgehängt und mit äusserster Vorsicht gegen störende Wärmeeinflüsse geschützt. Der Apparat ist hochempfindlich, fast aperiodisch gedämpft und unabhängig von den Schwankungen des magnetischen Erdfeldes, da seine beweglichen Teile keinen Magnet enthalten. Die in der angeführten Arbeit wiedergegebenen Beobachtungen zeigen, dass der Ausschlag proportional ist der Intensität der auftreffenden elektrischen Wellen.

Die Funkenstrecke, welche die Wellen aussendet, besteht aus 2 Platinzylindern von je 8 mm Länge und 1 mm Durchmesser mit Iridium-Enden; sie sind zur besseren Befestigung in dünne Röhrchen von Thermometerglas eingeschmolzen und gegeneinander fein verstellbar. Die Funken springen in Öl über. Der ganze Aufbau des Gebers ist in der früheren Arbeit näher beschrieben.

Die Länge der elektrischen Wellen betrug 4,4 cm. Die zur Messung der elektrischen Brechungsexponenten benutzte Methode war folgende: es wurde die Strecke gemessen, um welche sich die Knoten stehender Wellen in Luft verschoben, wenn in ihren Gang eine Schicht der betreffenden Dielektrika von gemessener Dicke gebracht wurde.

Stehende Wellen. Die Anordnung zur Erzeugung stehender Wellen war im wesentlichen die des Lloydschen Spiegels bei senkrechter Incidenz.

In Fig. 1 ist bei *R* das Radiomikrometer, welches auf die vom Geber *O* ausgehenden

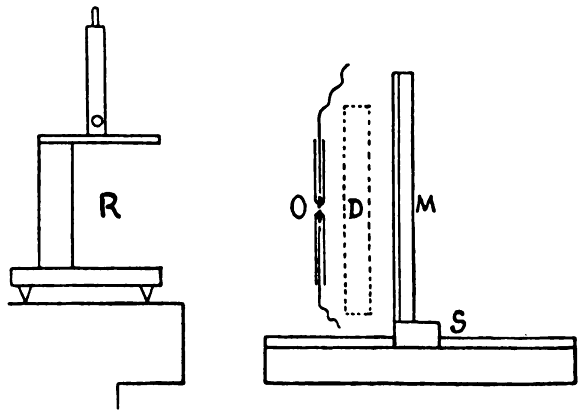


Fig. 1.

1) Ausführlich in Philosophical Magazine, Februar 1901.

2) G. Pierce, American. Journ. of Science (4), **9**, 52, 1900, bezw. diese Zeitschr. **1**, 509, 1900. In der Übersetzung hat sich auf Seite 510, Anfang von Absatz 3, bei der Beschreibung der Aufhängung leider ein Missverständnis ergeben. Es heisst in der Übersetzung: „Der Stromkreis besteht aus einer einzigen Windung eines 2 mm starken, mit Seide umsponnenen Kupferdrahtes", während die Windung 2 mm Durchmesser hat, dem benutzten Drahte aber die Bezeichnung „Nr. 34" nach der Skala von Brown & Sharp zukommt. Der Irrtum ist wahrscheinlich dadurch entstanden, dass der Verfasser sich zur Definition des Drahtes dieser allerdings etwas unpraktischen Skala bediente. Ausserdem ist in der Übersetzung ein Druckfehler stehen geblieben; es muss 9te Zeile vom Schluss statt 3,16 Zoll heissen 3/16 Zoll.

Wellen ansprechen soll, aufgehängt. *M* stellt einen ebenen vertikalen Spiegel aus gewöhnlichem Kupfer von 36 cm im Quadrat dar, der auf einer Schlittenführung längs eines Metermassstabes *S* messbar verschoben werden kann.

Ein Teil der elektrischen Strahlung geht direkt von *O* nach *R*; ein anderer Teil wird an *M* zuerst reflektiert und kommt mithin mit einem Gangunterschied gegenüber dem ersteren Teil bei dem Radiomikrometer an. Dieser Gangunterschied kann nun durch Vor- bezw. Rückwärtsverschieben des Spiegels *M* beliebig geändert werden. Die resultierende Intensität der Strahlung wird durch die Ausschläge am Radiomikrometer *R* gemessen. Trägt man die Ausschläge als Ordinaten, die Abstände der Funkenstrecke von der reflektierenden Wand *M* als Abscissen auf, so erhält man eine graphische Darstellung der stehenden Welle.

Gegenüber der früher benutzten Anordnung mussten einige Abänderungen an der Funkenstrecke getroffen werden, da diese, zwischen dem Spiegel *M* und dem Empfänger *R* stehend, den reflektierten Teil der Strahlung nicht beeinträchtigen durfte. So wurde das mit Öl gefüllte Gefäss unter der Funkenstrecke ganz weggelassen und die Glasröhrchen *T*, Fig. 2, in

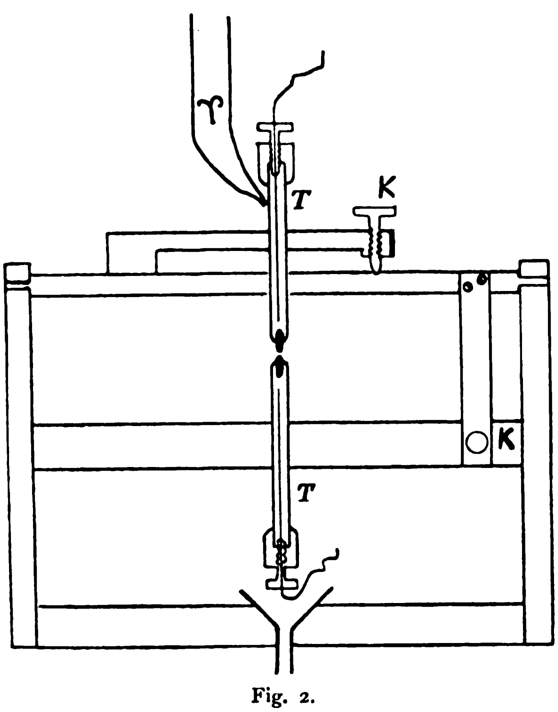


Fig. 2.

welche die Platinzylinder eingeschmolzen waren, unmittelbar in einem Holzgestell befestigt. Der untere Zylinder war unveränderlich befestigt; der obere hingegen konnte durch die Mikrometerschrauben *K* sowohl in Höhe als auch seitlich verschoben und so die Funkenstrecke fein eingestellt werden. Es wurde besondere Sorgfalt darauf verwendet, das Holzgestell recht fest herzustellen.

Um die Funken in einem flüssigen Dielektrikum übergehen lassen zu können, war oben ein Gefäss *r* angebracht, aus welchem Öl auf das obere Glasröhrchen tropfte und von diesem über die Funkenstrecke nach unten abfloss; dieselbe war stets mit einem anhaftenden Tropfen Öles bedeckt, der sich immer erneuerte und so längere und konstantere Beobachtungsreihen ermöglichte, als wenn die Zylinder sich in einem mit Öl gefüllten Gefässe befanden. Ausserdem erlaubte diese Anordnung, den Kupferspiegel der Funkenstrecke bis auf wenige Millimeter zu nähern und dadurch die Untersuchung bis in die unmittelbare Nähe derselben auszudehnen.

Um bei den Beobachtungen von den Schwankungen in der Funkenstrecke unabhängig zu sein, wurden sie Ablesungen folgendermassen gemacht: Auf der Meterskala wurde eine Stellung des Kupferspiegels für eine ganze Reihe von Beobachtungen als Ausgangspunkt genommen und die Ablenkungen des Radiomikrometers für jede beliebige andere Stellung des Spiegels durch abwechselnde Beobachtungen in der Ausgangstellung auf die Ausschläge in der letzteren bezogen. Das Mittel der Ablenkungen für eine beliebige Stellung dividiert durch das Mittel für die Ausgangsstellung giebt eine Verhältnisszahl, welche die resultierende Intensität in der betreffenden Stellung darstellt. Dieses Verhältnis kann jederzeit bestätigt werden und ist unabhängig von der Reihenfolge der Beobachtungen und kleinen zufälligen Änderungen an der Funkenstrecke.

So wurde bei der Bestimmung der Länge der stehenden Wellen in Luft die Stellung bei 13 cm als Ausgangspunkt gewählt. Stand nun der Spiegel ein andermal z. B. auf 8,3 cm, so wurde die Intensität der Strahlung verglichen mit der in der ersten Stellung. Es wurde abwechselnd in beiden Stellungen abgelesen, das Mittel genommen und daraus das Verhältnis gebildet. Die Werte sind in der nachstehenden Tabelle enthalten.

Abstand	13 cm	8,3 cm
Ausschläge . .	13,0	
	13,2	25,0
	13,0	24,0
	12,8	25,0
	12,8	24,2
	12,5	23,2
Mittel	12,9	24,28
Verhältnis . . .	1,88	

In gleicher Weise wurde für alle anderen Abstände dieses Verhältnis zu dem Werte für

den Abstand 13 cm ermittelt; diese Zahlen — ausgedrückt in Prozenten — geben die relative elektrische Strahlungsintensität für die verschiedenen Stellungen der reflektierenden Wand; sie sind in Fig. 3 als Ordinaten, die zugehörigen Abstände des Spiegels als Abscissen eingetragen.

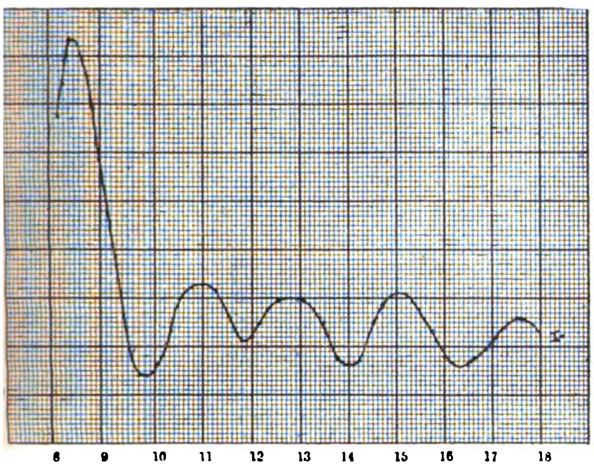


Fig. 3.

Die Knoten und Bäuche der stehenden Welle lagen hiernach in folgenden Entfernungen

Knoten	Bäuche
	8,5 cm
9,8 cm	
	10,9 „
11,9 „	
	12,8 „
14,0 „	
	15,1 „
16,3 „	
	17,5 „

Es ergeben sich mithin als Differenzen zweier aufeinanderfolgenden Knoten bezw. Bäuche folgende Werte:

2,1 cm	2,4 cm
2,1 „	1,9 „
2,3 „	2,3 „
	2,4 „

Also ist im Mittel die halbe Wellenlänge gleich 2,21 cm.

Wiederholte Beobachtungen ergaben stets dieselbe Lage der Maxima und Minima und den gleichen Charakter, wie die obige Kurve ihn zeigt. Giebt man den Mittelwerten der halben Wellenlänge der einzelnen Beobachtungssätze das gleiche Gewicht, so ergiebt sich ein wahrscheinlicher Fehler von 0,05 cm, also etwa 2% des Betrages.

Brechungsverhältnis von Paraffin. — Bringt man einen Körper, welcher einen anderen Brechungsexponent als die Luft hat, zwischen die Funkenstrecke und den Spiegel, so wird die stehende Welle bei unserer Anordnung des Apparates geändert. Es ergiebt sich hieraus eine Methode, die Brechungsexponenten der Dielektrika für kurze elektrische Wellen zu bestimmen, der folgende einfache Überlegung zu Grunde liegt: Es sei ein von ebenen Flächen begrenztes Stück eines Dielektrikums von der Dicke x (bei D in Fig. 1 durch die punktierten Linien angedeutet) in den Strahlengang eingeschaltet; dadurch werde ein beliebiger Knoten der stehenden Welle um das Stück D verlegt, dann ist

$$n = \frac{D}{x} + 1,$$

worin n der gesuchte Brechungsexponent des Dielektrikums bezogen auf Luft ist.

Bei den Messungen an Paraffin wurde aus praktischen Gründen stets der dritte Knoten der stehenden Welle beobachtet. Um ihn festzulegen, wurden hinreichend viel Punkte in seiner Nähe durchgemessen, so dass der Verlauf der Kurve zu beiden Seiten des Knotens genau bekannt war. Paraffin wurde in 3 verschieden dicken Stücken untersucht, welche in der Tabelle mit II, III und IV unterschieden sind. In der graphischen Darstellung (Fig. 4) ist nur

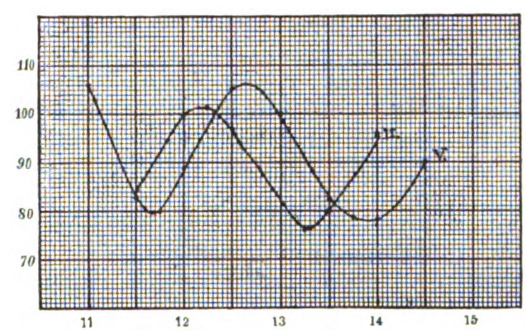


Fig. 4.

die Kurve für II angegeben, um die Übersichtlichkeit zu wahren; ausserdem ist mit V die Kurve der stehenden Welle in Luft eingezeichnet.

Nachstehende Zusammenstellung enthält die Lage der Knoten, ihre Verschiebung und die daraus erhaltenen Brechungsexponenten.

Kurve	Dicke der Paraffinschicht	Lage des Knotens	Verschiebung	n
V	(Luft)	13,87 cm	—	
II	10,7 mm	13.30 „	5,7 mm	1,53
III	25,5 „	12.38 „	14,9 „	1,58
IV	28,4 „	12,28 „	15,9 „	1,59

Der Brechungsexponent des Paraffins ist also im Mittel: 1,56.

Man erkennt, dass der Abstand zwischen dem zweiten und dritten Knoten der Kurve

für Luft gleich 2,23 cm ist, in guter Übereinstimmung mit dem oben gefundenen Werte 2,21 für die Länge einer halben Welle.

Das zu den Versuchen benutzte Paraffin hatte einen Schmelzpunkt von 56° C. Die 3 Stücke waren aus derselben Tafel geschnitten, ohne dass besondere Vorsichtsmassregeln ergriffen wurden, um die Absorption von Feuchtigkeit aus der Atmosphäre zu verhüten. Es mag sich daraus die gegenseitige Abweichung der einzelnen Werte von n erklären; ebenso, dass der Mittelwert etwas gross ist gegenüber den Werten anderer Beobachter.

Brechungsverhältnis von Hartgummi. — In ähnlicher Weise wurde die Verschiebung der Knoten einer stehenden Welle, welche beim Einführen einer Hartgummiplatte zwischen Funkenstrecke und Spiegel M auftrat, gemessen. Aus der graphischen Darstellung — die betreffenden Kurven VII und VI sind hier nicht wiedergegeben — erhält man nachstehende Resultate.

Dicke der Hartgummiplatte 13 mm.

	Kurve VII	Kurve VI	Verschiebung	n
Dritter Knoten	13,8 cm	12,8 cm	10,0 mm	1,77
Zweiter „	11,45 cm	10,5 „	9,5 „	1,73

$$n_{mittel} = 1,75.$$

Brechungsexponenten von Holzarten. — Righi kam 1894 zu dem Schluss, es müsse Fichtenholz für elektrische Wellen doppelbrechend sein; er fand experimentell, dass ein Stück von 13,7 cm Stärke für seine elektrischen Wellen von 10,6 cm Länge als $^1/_4$ λ-Platte wirkt und berechnete hieraus die Differenz der beiden Hauptbrechungsexponenten.

K. Mack[1]) konnte an Wellen von 50—60 cm Länge diese Resultate bestätigen; derselbe[2]) mass später unter Anwendung einer Hertzschen Funkenstrecke und Righischer Resonatoren nach der Methode der stehenden Wellen die beiden Hauptbrechungsexponenten in Tannenholz und erhielt:

Faser senkrecht zur Schwingungsrichtung $n_1 = 1,75$

„ parallel „ „ $n_2 = 2,15$

P. Lebedew[3]) arbeitete mit Thermoelement und Galvanometer; er stellte sich so kurze Wellen her, dass er die Doppelbrechung der elektrischen Strahlung in Krystallen beobachten konnte.

D. Mazzotto[4]) wandte das Lechersche System — Wellen längs Drähten — an und mass die Brechungsexponenten von 4 Holzarten. Die Zahlen sind in der folgenden Zusammenstellung enthalten.

1) Wied. Ann. **54**, 342, 1895.
2) Wied. Ann. **56**, 717, 1895.
3) Wied. Ann. **56**, 1, 1895.
4) Beiblätter **22**, 427, 1898.

	Tanne	Pitch-pine	Birnbaum	Steineiche
n_1	1,568	1,759	1,781	2,244
n_2	1,834	1,949	1,813	2,244

n_1 ist der Brechungsexponent, wenn die Fasern senkrecht, n_2, wenn sie parallel zur Richtung der elektrischen Strahlung liegen. Mit Ausnahme von Steineiche ist n_2 stets grösser als n_1. Für Tanne nahm der Brechungsexponent stark ab, wenn das Holz trocknete.

Um weiteres Material über das Brechungsverhältnis von Holzarten bezüglich elektrischer Wellen zu sammeln, untersuchte ich: Kirsch, Weisstanne, Pitch-pine, Weymouthskiefer, Mahagoni, schwarze Walnuss und Weisseiche, und zwar mit dem stets gleichen Ergebnis: es war immer n_2 grösser als n_1.

Die Beobachtungen, sowie deren graphische Darstellung in Kurven geschahen in der für Paraffin ausführlich beschriebenen Weise. Es wurden die beiden Hauptbrechungsverhältnisse bestimmt, und es bezeichnet, wie oben, n_1 den Brechungsexponenten, wenn die elektrischen Schwingungen senkrecht, n_2, wenn sie parallel zur Faserrichtung erfolgen.

Die Ergebnisse sind in der folgenden Übersicht vereinigt.

Holzart	Dicke in mm	Verschiebung der Knoten in mm		n_2	n_1
		Faser ‖	Faser ⊥		
Kirsch	20,8	11,8	8,8	1,57	1,42
Weisstanne	22,5	11,0	7,6	1,49	1,32
Pitch-pine	20,2	—	12,6	—	1,62
Weymouthskiefer . .	21,8	10,0	7,0	1,46	1,32
Mahagoni	22,0	10,5	6,5	1,48	1,30
Schw. Walnuss . . .	20,0	14,0	9,5	1,70	1,49
Weisseiche	21,3	14,0	11,0	1,66	1,52

Auch die Durchlässigkeit obiger Holzarten für elektrische Wellen wurde bestimmt und nachstehend mit den Brechungsverhältnissen zusammengestellt.

Holzart	Dicke in mm	Durchlässigkeit		Brechungsexponent	
		Faser ‖	Faser ⊥	n_2	n_1
Kirsch	20,8	0,61	0,81	1,57	1,40
Weisstanne	22,5	0,64	0,82	1,49	1,32
Pitch-pine	20,2	0,25	0,54	—	1,62
Weymouthskiefer . .	21,8	0,52	0,77	1,46	1,32
Mahagoni	22,0	0,84	0,85	1,48	1,30
Schw. Walnuss . . .	20,0	0,46	0,71	1,70	1,49
Weisseiche	21,3	0,60	0,70	1,66	1,52

Es hat sich also ergeben, dass die Brechungsexponenten und die Durchlässigkeit aller untersuchten Holzarten für elektrische Wellen in den beiden Richtungen ‖ und ⊥ zur Faser verschiedene Werte haben, und zwar ist bei allen bis jetzt untersuchten Holzarten, mit einziger Ausnahme des von Mazzotto benutzten Stückes Steineichenholz, der Brechungsexponent, wenn die Fasern parallel der elektrischen Schwing-

ungen stehen, grösser, als wenn sie senkrecht hierzu sind; die Durchlässigkeit ist umgekehrt im ersten Falle kleiner.

Es entsteht hierbei allerdings die Frage, ob dieser Unterschied des Brechungsexponenten in beiden Lagen nicht nur ein scheinbarer und auf die Thatsache zurückzuführen sei, dass beide Messungen insofern unter verschiedenen Bedingungen erfolgten, als die Absorptionskoeffizienten in beiden Lagen verschiedene sind. Ich habe diese Frage ausführlich an anderer Stelle[1]) erörtert und dabei gefunden, dass bei der zu den Messungen benutzten Versuchsanordnung durch die Abnahme der Amplitude der reflektierten Welle ein merklicher Fehler in der Lage der Knoten und Bäuche der Welle nicht eintreten kann.

Doppelbrechung, Doppelabsorption der Leitvermögen.

Die oben untersuchten doppelbrechenden Körper haben auch verschiedene Absorption und Leitvermögen in verschiedenen Richtungen. Eine Beziehung zwischen diesen Konstanten ergiebt sich aus der Lösung der Maxwellschen Verschiebungsgleichung, wenn ein Ausdruck für das Leitvermögen zugefügt wird. (Vergl. hierüber: Boltzmanns Vorlesungen über Maxwells Theorie § 96 [Leipzig 1891]).

Diese Gleichung giebt für eine ebene Welle, welche sich in der Richtung der Z-Achse fortpflanzt, und eine elektrische Schwingung f in der Richtung der x-Achse folgenden Ausdruck

$$\mu x \frac{d^2 f}{dt^2} + 4\pi\mu C \frac{df}{dt} = \frac{d^2 f}{dz^2} \qquad (1)$$

Ein partikuläres Integral dieser Gleichung ist unter der Annahme von Sinusschwingungen gegeben durch

$$f = A \cdot e^{\xi z} \cdot cos\left(\frac{2\pi}{\tau} + \eta z\right) \qquad (2)$$

worin $\xi^2 = -\frac{2\pi^2}{\tau^2 V_0^2} + \sqrt{\frac{4\pi^4}{\tau^4 V_0^4} + \frac{16\pi^4 C^2 \mu^2}{\tau^2}}$

$$\eta^2 = +\frac{2\pi^2}{\tau^2 V_0^4} + \sqrt{\frac{4\pi^4}{\tau^4 V_0^4} + \frac{16\pi^4 C^2 \mu^2}{\tau^2}}$$

$V_0 = \frac{1}{\sqrt{x\mu}}$ ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle in einem Nichtleiter mit gleichen elektrischen und magnetischen Konstanten.

In (2) stellt der Faktor $A \cdot e^{\xi z}$ die Amplitude der Welle und $\frac{2\pi}{\eta\tau} = V$ ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit dar, und zwar ist:

$$V = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2V_0^2} + \sqrt{\frac{1}{4V_0^4} + C^2\mu^2\tau^2}}}.$$

1) Phil. Mag. April 1901.

Kann man C^2 gegen C vernachlässigen, so lässt sich dies umformen in

$$V = V_0 - \frac{V_0^5 C^2 \mu^2 \tau^2}{2} \qquad 3)$$

und ebenso: $\xi = -2\pi C\mu V_0$ (4)

Durch Elimination von C aus (3) und (4) erhält man:

$$V = V_0 - \frac{V_0^3 \tau^2 \xi^2}{8\pi^2},$$

also eine Beziehung zwischen der Geschwindigkeit der Welle und ihrer Absorption.

Setzt man voraus, dass der betr. Körper überall konstantes μ hat, die Leitfähigkeit aber nach den einzelnen Achsenrichtungen verschieden ist, so ist V_0 = const., aber ξ wird, da es von C abhängt, ebenfalls abhängig sein von der Richtung der elektrischen Kraft in dem Körper. In derjenigen Richtung der elektrischen Kraft, in welcher die Absorption am grössten ist, ist V am kleinsten, mithin der Brechungsexponent am grössten.

Dies stimmt qualitativ überein mit den Resultaten, welche die vorstehend wiedergegebenen Messungen des Brechungsexponenten der verschiedenen Holzarten ergaben. —

Der experimentelle Teil der Arbeit wurde an der Harward-Universität ausgeführt. —

Physikalisch-Chemisches Institut der Universität Leipzig.

(Eingegangen 4. März 1901.)

(Aus dem Englischen übersetzt von Carl Forch.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa (Direktor: A. Battelli).

No. 9[1]): A. Battelli, Über das Boylesche Gesetz bei sehr kleinem Druck.

I. Teil.

Die Arbeiten, welche sich mit der Untersuchung der Richtigkeit des Boyleschen Gesetzes bei kleinem Drucke beschäftigen, sind sehr zahlreich; wir wollen nur an diejenigen von Siljesström[2]), von van der Ven[3]), von Mendeleef[4]), von Amagat[5]), von Fuchs[6]), von Bohr[7]), von Kragewitsch[8]), von Melander[9]) und von Baly und Ramsay[10]) erinnern. Aus

1) No. 8: Diese Zeitschr. **2**, 317, 1901.
2) Poggend. Ann. **151**, 451, 1874.
3) Arch. du Musée de Teyler (2), **3**, 349, 1890.
4) C. R., **82**, 412, 1876; Ann. de Chim. et de Phys. (5), **2**, 427, 1872; Ann. de Chim. et de Phys. (5), **9**, 111, 1876.
5) Ann. de Chim. et de Phys. (5), **8**, 270, 1876; u. (5), **28**, 480, 1883.
6) Wied. Ann. **35**, 430, 1888.
7) Wied. Ann. **27**, 459, 1886.
8) Journ. russ. chem. phys., **14**, 395, 1882; siehe auch Journ. de Phys. (2), **2**, 582, 1883.
9) Wied. Ann. **47**, 136, 1892.
10) Phil. Mag. (5), **38**, 301, 1894.

all diesen Arbeiten scheint sich aber herauszustellen, dass man nichts Sicheres über das Verhalten der Gase bei kleinem Drucke in Bezug auf das Boylesche Gesetz schliessen kann, mit Ausnahme der zuerst von Bohr im Verhalten des Sauerstoffes entdeckten Diskontinuität bei einem Drucke von annähernd 0,7 mm Quecksilber.

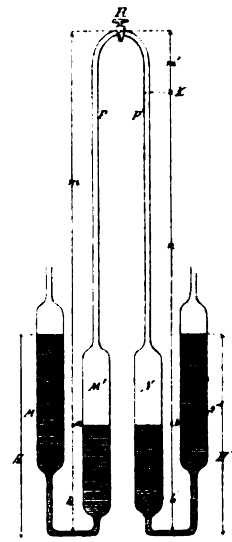
Meine Versuchsanordnung beseitigt die Irrtümer und Unvollkommenheiten, die sich bei den früheren Untersuchungen gezeigt haben oder trägt ihnen Rechnung. Sie besteht in schematischer Weise aus zwei Zylindern aus Glas oder Eisen, die miteinander und mit einem besonderen Mikromanometer verbunden sind. Eine Kompressionspumpe, welche mit einem der Zylinder von unten in Verbindung steht, kann das Quecksilber nacheinander bis zu zwei bestimmten Marken gelangen lassen, welche sich unten resp. oben an dem betreffenden Zylinder befinden; schliesslich können sämtliche Teile mit einer Luftpumpe und einem System von Trockenröhren und Tampons von reinster hydrophiler Watte kommunizieren, durch die das zu untersuchende Gas hindurchgeht, das also trocken und frei von feinem Staub ankommt.

Während sich nun das Quecksilber konstant an der unteren Marke hält, wird die Pumpe in Gang gesetzt, bis man den gewünschten Druck erreicht; hat man den Druck abgelesen, so lässt man das Quecksilber bis zu der oberen Marke steigen. Ist die Änderung des Volumens bestimmt, und messe ich die Variation des Druckes mittels des Mikromanometers und beachte die Temperatur des Apparates, so habe ich alle zur Berechnung der Bestimmung nötigen Daten. Da eine der Ursachen, die das Verhalten der Gase zum Boyleschen Gesetz alterierten, mutmasslich im Einfluss der Wände des Versuchsgefässes liegt, habe ich meine Versuche mit zwei Apparaten, einem aus Glas, einem aus Schmiedeeisen ausgeführt, um so zu prüfen, ob die Verschiedenheit der Wände auch Verschiedenheit der Resultate mit sich brächte.

Beide waren vorher mit der grössten Sorgfalt gereinigt worden; und damit im Falle von starken Verdünnungen im Innern kein Zweifel wäre, dass eine Variation ihres Volumens stattfände, habe ich sie mit Glashüllen umgeben, in welchen die Luft mit einer zweiten pneumatischen Pumpe verdünnt werden konnte.

Die zum Versuche benutzten Zylinder standen, wie oben bereits gesagt, mit einem äusserst empfindlichen Manometer in Verbindung. Die Gestalt, die ich dem Mikromanometer nach vielen Proben schliesslich gegeben habe, wird durch die Figur veranschaulicht. M, M', N, N' sind vier zylindrische Gefässe gleicher Form und möglichst gleichen Rauminhalts; R ist ein guter Hahn mit drei Bohrungen, der zur Füllung des Apparates dient; die verschiedenen Teile des Apparates selbst sind miteinander verlötet.

Die beiden Gefässe M und N' stehen durch zwei besondere Hähne mit vollkommener Schliessung mit dem Apparat in Verbindung, in dem



die Druckänderung vor sich geht, und enthalten Quecksilber, das in M' und in N bis a bezw. bis b steigt. Über dem Quecksilber in M' befindet sich Wasser, welches den ganzen oberen Teil des Zylinders und die Röhre P bis K ausfüllt; in N und in der ganzen übrigen Röhre P bis K befindet sich Anilin. Übt man auf die Oberfläche des Quecksilbers in M einen Druck aus, so wird dadurch eine Verschiebung des Trennungs-Meniskus bei K herbeigeführt und aus der Grösse dieser Verschiebung lässt sich ohne weiteres die Druckänderung in M entnehmen.

Die von mir verwendeten manometrischen Flüssigkeiten sind Quecksilber, Wasser und Anilin; denn wünscht man dem Instrument eine bedeutende Empfindlichkeit zu geben, so muss man zwei Flüssigkeiten wählen, deren Dichte nur wenig voneinander verschieden ist. Das spezifische Gewicht des Wassers weicht aber nur unbedeutend von dem des Anilins ab; ferner sind besagte Flüssigkeiten unmischbar und geben deshalb einen sehr deutlichen Scheidungs-Meniskus. Wohl aber besitzen sowohl Wasser als Anilin auch bei gewöhnlicher Temperatur eine zu grosse Dampfspannung; deshalb musste ich die beiderseitigen Oberflächen mit Quecksilber bedecken. Das zur Verwendung kommende Wasser und das Anilin müssen gründlich luftfrei gemacht werden; ich liess sie deshalb ganze Tage in Gefässen mit Rückfall-Vorrichtung kochen, und wiederholte schliesslich das Kochen in dem leeren Raume des Mikromanometers.

So konnte ich mit dem von mir benutzten Mikromanometer Druckänderungen bis zu $^1/_{1000}$ Quecksilberdruck abschätzen. Um den Ausgangsdruck von jeder Versuchsreihe zu erhalten, habe ich an die Versuchsgefässe und an das Mikromanometer ein Differential-Manometer nach Regnaultschem Muster angeschlossen.

Die Kompressionspumpe, mit der ich das Quecksilber in eines der Versuchgefässe trieb, um die Änderung des Volumens zu erzeugen, war ganz aus Eisen angefertigt und bestand aus einer zylindrischen Kammer, in welche ein massiver Eisenkolben, der durch eine Schraube bewegt wird, eng anschliessend einmündet.

Diese Kompressionspumpe ist mit dem Versuchsgefäss durch eine Stahlröhre und zwei Glaskugeln verbunden, deren Gesamtvolumen ein wenig grösser als das von einem jeden der Versuchszylinder ist.

Die Versuchsgefässe mitsamt den Kugeln, dem Mikromanometer und den zugehörigen Röhren sind in eine grosse Schale mit Wasser eingesenkt, dessen Temperatur mit einem in $^1/_{10}$ Grade eingeteilten Thermometer gemessen wird.

Aus den Versuchstabellen geht hervor, wie ich mittels meines Apparates zu sehr viel kleineren Drucken als frühere Forscher gekommen bin. Ich kann hinzufügen, dass die Resultate bis zu einem Drucke von ungefähr $^2/_{100}$ Quecksilber herab noch brauchbar sind, weil die verschiedenen Bestimmungen untereinander ausreichend übereinstimmen.

Gemäss den gegenwärtigen Daten neigt die Luft zu einer kleinen Abweichung vom Boyleschen Gesetz, zwischen einem Drucke von 2 und 5 mm, eine Abweichung, die sich schwerlich auf einen Beobachtungsfehler zurückführen lässt (und vielleicht nicht einmal auf den Einfluss der Gefässwände), da sie bei beiderlei Arten von Apparaten eintritt.

Bei den mit Glaszylindern ausgeführten Versuchen beobachtet man von neuem eine Abweichung vom Gesetz bei Drucken unter $^1/_{10}$ mm; aber abgesehen von dem Einfluss, den bei derartigen Druckverhältnissen äusserst geringe Fehler beim Ablesen des Mikromanometers gehabt haben können, darf man diese Erscheinung eher der durch die Zylinderwände bewirkten Adsorption, als einer Unzulänglichkeit des Gesetzes zuschreiben.

(Eingegangen 14. März 1901.)

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Der neue Stern im Perseus.

Von J. Hartmann.

Am 22. Februar um $2^h\,40^m$ morgens wurde von Dr. Thomas D. Anderson in Edinburg ein neuer Stern im Sternbilde des Perseus entdeckt. Der Stern hatte die Helligkeit $2^m.7$ und sein genäherter Ort war nach Angabe des Entdeckers $\alpha = 3^h\,24^m\,25^s$ $\delta = +43^0\,34'$. Dr. Anderson ist ein sehr eifriger Beobachter veränderlicher Sterne und ein gründlicher Kenner des gestirnten Himmels; so hatte er erst wenige Tage vor der Entdeckung der Nova die Auffindung eines neuen veränderlichen Sternes im Schwan bekannt gemacht und auch schon im Jahre 1892 hatte er einen neuen Stern, die Nova Aurigae, entdeckt.

Durch Vermittelung der astronomischen Zentralstelle in Kiel wurde die Entdeckung am 22. Februar allen Sternwarten telegraphisch mitgeteilt, so dass schon am Abend dieses Tages die eingehende Beobachtung des Sternes beginnen konnte. Von den ausgeführten Beobachtungen ist zwar bisher nur ein sehr kleiner Teil publiziert worden, doch genügt derselbe, um ein klares Bild von dem seitherigen Verlaufe der Erscheinung zu geben.

Die Helligkeit des Sternes nahm in den ersten Tagen nach der Entdeckung noch rasch zu und erreichte ihr Maximum ($0^m.0$) am Morgen des 24. Februar. Eine Übersicht über den Verlauf der Helligkeit ist auf Grund der bisherigen Beobachtungen in der folgenden Tabelle gegeben:

	Mittl. Zt. Greenw.	Helligkeit m
1901 Feb.	21.6	2.7
	22.0	1.9
	22.5	1.3
	23.0	0.6
	23.5	0.1
	24.0	0.2
	24.5	0.7
	25.0	1.0
	25.5	1.3
	26.5	1.7
	27.5	2.0
	28.5	2.2
März	2.5	2.5
	4.5	2.9
	8.5	3.2
	12.5	3.4

Bei der grossen Helligkeit, die der Stern an den ersten Tagen seiner Sichtbarkeit erreichte, konnte es nicht ausbleiben, dass er auch noch

von einer grossen Anzahl anderer Beobachter unabhängig aufgefunden wurde. Von besonderer Wichtigkeit sind die Angaben mehrerer Beobachter, aus denen hervorgeht, dass der Stern am Abend des 21. Februar noch kein auffälliges Objekt, also sicher nicht heller als dritter bis vierter Grösse gewesen ist. Ferner konnte Pickering (Cambridge, Mass.) auf Grund photographischer Aufnahmen ermitteln, dass der Stern am 19. Februar noch schwächer als elfter Grösse gewesen ist. Aus diesen Angaben geht die ausserordentlich rasche Helligkeitszunahme hervor, da in den vier Tagen vom 19. bis zum 23. Februar die Helligkeit des Sternes mindestens im Verhältnis 1:25000 gewachsen sein muss.

Von grosser Bedeutung sind die Ergebnisse der spektroskopischen Beobachtung des Sternes. Die wertvollste der bisher publizierten Beobachtungsreihen sind die von Vogel mitgeteilten Resultate der spektrographischen Aufnahmen am Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam (Astron. Nachr. Nr. 3693). Hiernach hatte der Stern am 23. Februar ein nahezu kontinuierliches Spektrum, welches im blauen und violetten Teile eine besonders grosse Intensität besass. Das Spektrum zeigte keine Emissionslinien, sondern nur eine Anzahl matter Absorptionsbänder, die zum grössten Teile dem Spektrum des Wasserstoffes angehören. Ausserdem waren noch als vollkommen scharfe Absorptionslinien die beiden Calciumlinien λ 3934 und λ 3969 vorhanden. Aus der Lage dieser beiden Linien ergab sich als vorläufiger Wert für die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie relativ zur Sonne +18 km. Die matten Absorptionsbänder zeigen dagegen eine ausserordentlich starke Verschiebung nach der Seite der kürzeren Wellenlängen hin. Wollte man diese Verschiebung, die einen Betrag von etwa 10 *Å. E.* hat, als Dopplersche Linienverschiebung deuten, so würde ihr eine Geschwindigkeit von rund —700 km entsprechen.

Mit der Überschreitung des Helligkeitsmaximums hat sich auch eine vollständige Veränderung des Spektrums vollzogen. Die Absorptionsbänder nahmen rasch an Intensität zu und auf ihrer weniger brechbaren Seite bildeten sich immer intensiver werdende Emissionsbänder aus, während das kontinuierliche Spektrum mehr und mehr zurücktrat. Hierdurch ging das Spektrum in diejenige typische Form über, die man schon bei Gelegenheit der früher beobachteten neuen Sterne kennen gelernt hatte. Eine Darstellung des am 25. Februar aufgenommenen Spektrums ist von Lockyer in der „Nature" No. 1636 (7. März) gegeben.

(Eingegangen 16. März 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

Erich Marx (Frankfurt a. M.), Über den Halleffekt in Flammengasen.

Die Konvektionshypothese der metallischen Leitung, welche ein anschauliches Bild für das Zustandekommen des Hallschen Phänomens in Metallen durch ponderomotorische Kräfte ergiebt, hat verschiedene Forscher veranlasst, für einen Fall experimentell sicher gestellter Konvektionsleitung nach einem Hallschen Phänomen zu suchen, um die sich ergebende Beziehung zwischen Wanderungsgeschwindigkeit der positiven und negativen Ionen, u, v, der Feldstärke H, des Potentialsgefälles $\frac{\pi}{x}$ und des $\perp$ zum Primärgefälle resultierenden Gefälles $\frac{e}{x}$ experimentell zu prüfen. Diese Beziehung ist

$$\frac{e}{z} \Big/ \frac{\pi}{x} : H = \text{konst.} = \frac{u-v}{2}.$$

Eine Prüfung dieser Formel ist bei wässrigen Lösungen nicht möglich, weil der zu erwartende Effekt an der Grenze des Beobachtbaren liegt. Für Gase hat Boltzmann[1]) eine qualitative Prüfung angestellt; quantitativ wäre dies auch hier wegen der Unkenntnis der Abhängigkeit der Wanderungsgeschwindigkeit vom Gefälle nur dann möglich, wenn dieses sehr gering ist, da für höhere Gefälle wegen der geringen Grösse der inneren Reibung der Gase Proportionalität zwischen Geschwindigkeit und Kraft nicht mehr stattfindet. Nimmt man nun aber schwache elektromotorische Kräfte, so wird $\frac{u-v}{2} \cdot H \cdot \frac{\pi}{x}$, das ist das Sekundärgefälle, bei Gasen so klein, dass man wiederum nahe an die Grenze des Beobachtbaren kommt.

Viel günstiger liegen die Bedingungen für eine quantitative Prüfung obiger Beziehung bei Flammengasen. Hier ist wegen der Höhe der Temperatur und hiermit der inneren Reibung Proportionalität zwischen Geschwindigkeit und Kraft noch bei einem Poten-

1) L. Boltzmann, Wied. Ann. 31, 789, 1887.

tialfall von $\frac{100 \text{ Volt}}{\text{cm}}$ zu erwarten.[1]) Ferner bietet sich die Möglichkeit, durch Zerstäubung verschiedener Salzlösungen, den Effekt für verschiedene Salze zu untersuchen.

Die Grössen der Wanderungsgeschwindigkeiten lassen sich nach einer von Wilson[2]) gegebenen Methode messen.

Was die experimentelle Anordnung betrifft, so sei hier der Kürze halber auf die Arbeit in den Annalen l. c. verwiesen. Die Anode muss kälter als die Kathode gehalten werden, weil wegen Oberflächendissoziation, die mit der Temperatur beträchtlich wächst und der geringen Wanderungsgeschwindigkeit der positiven, gegenüber den negativen Ionen ein starkes Potentialgefälle nur bei einem Überschuss von negativen, in das Flammenvolumen gelangenden Ionen zu erzielen ist. Dem gleichen Zweck, der Entlastung des Flammenvolumens an positiver Elektrizität, dient die verschiedene Verteilung der absoluten Grössen des Potentials von den Elektroden, indem die Batterie durch Erdung in $+12$ -63 Clark geteilt wird. Der Einfluss einer solchen Erdung, der bei Elektrolyten bekanntlich nicht stattfindet, lässt sich leicht zeigen, etwa durch die Änderung des Gefälles. Ein Umstand welcher die quantitative Messung der E. M. K. des Halleffektes ausserordentlich erleichtert, liegt darin, dass bei geringer Änderung der Temperatur der Anode, sich zwar das Potential an der Stelle der Elektroden wesentlich ändert, der Potentialfall aber konstant bleibt.[3])

Der Vortragende zeigt nun an der Hand des Zahlenmaterials, dass der Rotationskoeffizient

$$\frac{e}{z} \Big/ \frac{\pi}{x} : H = D$$

sich unabhängig von der Variation, von Feldstärke, Potentialfall und Elektrodenabstand ergiebt. Hierauf bespricht er kurz die Abhängigkeit des Halleffektes von der Salzkonzentration der Flamme, zeigt, dass bei der in der Flamme stattfindenden Hydrolyse sowohl aus dem Potentialfall in der reinen, gegenüber dem in der gefärbten Flamme, als auch aus der Formel, welche den Gang der Rotationskoeffizienten in der Abhängigkeit von der Konzentration wiedergiebt, sich folgern lässt, dass die Wanderungsgeschwindigkeit des Trägers der positiven Elektrizität in der reinen Flamme wesentlich geringer ist, als die des positiven Ions in den durch Alkalisalze gefärbten Flammen.

Ein Vergleich der als Rotationskoeffizient bei 75 Clark Potentialdifferenz erhaltenen Zahlen mit denen, welche nach der Grösse der Wanderungsgeschwindigkeiten zu erwarten waren, ist natürlich nur dann erlaubt, wenn es nachgewiesen ist, dass keine Beschleunigungen der Ionen stattfanden. Die infolge des Sättigungsstromes an den Elektroden stattfindenden Gefälle sind nun derart, dass die l. c. berechnete Grenze von $\frac{10 \text{ Volt}}{\text{mm}}$ überschritten ist, die Grösse der hierdurch veranlassten Ionenbeschleunigungen lässt sich feststellen, wenn man so geringe E. M. K. benutzt, dass auch an den Elektroden die Grenze von $\frac{100 \text{ Volt}}{\text{cm}}$ eingehalten ist. Eine solche Messung ist sehr schwierig und lässt sich nur mit grosser Mühe und Vorsicht bei sehr gesteigerter Empfindlichkeit der Messinstrumente durchführen; aus ihr wird alsdann die Korrektion für die bei höheren Potentialdifferenzen erhaltenen Werte bestimmt. Die so korrigierten Werte sind von gleicher Grössenordnung aber $1\frac{1}{2}$ mal so gross als die aus den Wanderungsgeschwindigkeiten berechneten.

Diese Differenz ist aber nur teilweise durch Versuchsfehler veranlasst, zum Teil ist sie physikalisch begründet durch den geringen Grad der Dissoziation in der Flamme.[1]) Sinn und Grösse des Halleffektes in elektrolytisch leitenden Salzdämpfen lassen sich also aus ponderomotorischer Wirkung auf wandernde Ionen berechnen; für das oft in Angriff genommene Problem des Halleffektes in Elektrolyten folgt, dass es wohl nie quantitativ sich wird verfolgen lassen, da bei Elektrolyten der zu erwartende Effekt um das 1000000fache geringer ist.

Der Vortragende geht alsdann auf die Umkehr des Effektes ein, worüber in dieser Zeitschrift bereits referiert ist[2]) und erwähnt kurz eine für den Halleffekt in Alkalisalzen sich ergebende empirische Regelmässigkeit.

1) cf. l. c., 821. cf. auch Arrhenius, Wied. Ann. **42**, 66, 1891.
2) cf. E. Marx, Phys. Zeitschr. **1**, 374, 1900.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 26. Februar 1901.)

Diskussion.

Quincke (Heidelberg). Ich möchte den Vortragenden fragen, wie denn die Dimensionen seiner Apparate gewesen sind. Die Feldstärke ist bis zu 8000 Einheiten gestiegen. Wie gross waren die Platten, die er benutzt hat, welches war die Grösse des Spaltes, aus dem die Gase herausgekommen sind? Es hat seine Schwierigkeiten, ein konstantes Feld zu haben, und das ist doch für diese Sache notwendig.

Marx. Die Dimensionen der Apparate sind die folgenden gewesen: Der Schnittbrenner hatte eine Öffnung von 0,7 mm und war 2,8 cm breit.

1) cf. E. Marx, Ann. der Physik, **2**, 783, 1900.
2) H. A. Wilson, Phil. Trans. Roy. Sol., London, April, 1899.
3) cf. E. Marx, l. c., 807.

(Er beschreibt die Flamme noch etwas näher.) Die Fläche der Elektroden ist $2 \cdot 1$ cm², ihre Entfernung etwa 2 cm.

Quincke, (unterbrechend). Wie gross waren die Polflächen des Magneten, und wie weit standen sie voneinander ab?

Marx. Sie waren etwa 3 cm² und standen $1\,{}^1/_2$ cm voneinander ab.

Quincke. Wie haben Sie sich unabhängig gemacht von dem diamagnetischen Einfluss, der da hineinkommt. Sie haben doch da in Wirklichkeit Fäden von kaltem und warmem Gas, das in die Höhe steigt, also nicht mehr ein homogenes magnetisches Feld. Diese Fäden müssten doch verschieden gedrückt werden in dem Felde. Ich sehe nicht ein, wie Sie diese Fehlerquelle vermieden haben.

Marx. Der Diamagnetismus eines Gases gegen Luft ist an sich sehr gering. Die Änderung der Kraftlinienzahl, die durch den Diamagnetismus der Flamme hervorgerufen wird, ist so unbeträchtlich, dass ich den für Luft erhaltenen Wert zur Berechnung des Rotationskoeffizienten bei der Grösse der Versuchsfehler ohne Korrektion beibehalten konnte. Die Polflächen des Magneten sind so gross gewesen im Verhältnis zu dem durch die Elektroden scharf begrenzten Flammenprisma, dass es berechtigt erscheint, das Feld als wesentlich homogen in der Umgebung der Achsen der Polschuhe zu betrachten. Ausserdem wurde die Flamme absolut nicht deformiert, was dadurch erreicht war, dass der Flamme die stabile Lage von vornherein erteilt wurde. Vielleicht wäre sie trotzdem noch ausgewichen, ich meine, breiter auseinander gegangen, wenn sie nicht durch die von der Luftpumpe kommende Luft steif gemacht wäre; auch in den starken Feldern, die zum Zeemaneffekt verwandt werden, kann man ja eine Deformation wohl kaum wahrnehmen, wenn die Flamme steif ist; auch wenn sie Kegelform hat. Viel weniger hier, wo sie schon in ihrer ganzen Breite senkrecht zu den Kraftlinien steht.

Quincke. Wollten Sie so freundlich sein, eine einzige Fläche von den Magneten hinzuzeichnen.

Marx (thut das, die Ebene des Schnittbrenners ist $\perp$ zu den Kraftlinien).

Quincke. In einem solchen Felde dürfte eine Flamme eigentlich sich garnicht stellen.

Marx. Sie stellt sich ja auch nicht.

Quincke. Sie sagten, sie würde sich drehen.

Marx. Dann habe ich mich wohl unklar ausgedrückt. Ich wollte sagen, sie würde vielleicht noch breiter zu werden suchen, trotz der annähernd bereits stabilen Lage $\perp$ zu den Kraftlinien, wenn sie nicht steif wäre infolge der Luft von der Pumpe.

Quincke. Sie haben keinen Einfluss gehabt durch den Einfluss der Fläche des Magneten auf die Flamme? Sie wird immer abgekühlt dadurch und das ist eine Schwierigkeit.

Marx. Man muss warten, bis die Flächen so heiss sind, dass dies nicht mehr eintritt; die Verhältnisse werden bald, etwa nach 10 Minuten stationär.

Quincke. Was haben Sie für Ketten gehabt für die Elektroden?

Marx. Zunächst arbeitete ich mit 75 Clarkelementen, trotzdem die Rechnung zeigt, dass durch den grossen Potentialfall an den Elektroden bei so hoher E. M. K. Beschleunigungen der Ionen auftreten müssen. Das Arbeiten mit wesentlich geringeren E. M. K. ist so schwierig und mühselig, dass ich die Korrektion, die durch das Auftreten von Beschleunigungen resultiert, nur für die Kaliumflamme experimentell festlegte und sie prozentuell für die anderen Salze in Rechnung setzte. Diese Korrektion wurde durch Messung des Halleffektes bei 6 Clark Potentialdifferenz erhalten. Es lässt sich zeigen, dass alsdann an jeder Stelle zwischen den Elektroden das Gefälle den kritischen Wert der Proportionalität zwischen Geschwindigkeit und Kraft nicht überschreitet.

(Von den Beteiligten durchgesehenes Stenogramm von B. Borchardt.)

REFERATE.

Elektrotechnik.
Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Rellstab, Der Telephonograph.

(Elektrot. Zeitschr. **22**, 57, 1901).

Nach einigen einleitenden Bemerkungen über die verschiedenen Anwendungen des telegraphonischen Prinzips, die den Lesern dieser Ztschr. bekannt sind, wendet sich der Verfasser zu der in dieser Ztschr. **2**, 126, 1900 beschriebenen Schaltung des Schreibmagneten unter Anwendung eines Polarisationselementes im sekundären Stromkreise des Mikrophontransformators.

Herr Rellstab hält es zwar zunächst für nicht ganz leicht, sich von der Wirkungsweise des Polarisationselementes Rechenschaft zu geben. stellt dann aber eine Theorie auf, welche sich

mit der vom Referenten früher veröffentlichten[1]) deckt, ohne jedoch auf dessen Arbeit hinzuweisen.

Sodann wird eine Elektromechanik des Aufschreibvorganges gegeben:

Im Mikrophonstromkreis vom Widerstand R_1 und der Selbstinduktion L_1 herrsche ein Strom I_0; die Amplitude der Widerstandsschwankung des Mikrophons sei R_0, n die Schwingungszahl des gerade auf das Mikrophon wirkenden Tones; im sekundären Kreise mit dem Widerstande R_2 und der Selbstinduktion L_2 werden durch den Transformator mit dem gegenseitigen Induktionskoeffizienten M Wechselströme induziert, die sich dem Polarisationsstrom I_1 überlagern. Nach Wietlisbach, Handbuch der Telephonie, ist[2]):

$$I_2 = \frac{I_0 R_0 M}{N} \sin (2 \pi n t + \varphi) + I_1 ,$$

wobei
$$N^2 = (L_1 L_2 - M^2)^2 \omega^2 + (R_1^2 L_2^2 + R_2^2 L_1^2 - 2 R_1 R_2 M^2) + \frac{R_1^2 \cdot R_2^2}{\omega^2}$$
$$\omega = 2 \pi n .$$

Unter der Annahme, dass der Stahldraht eine der wirkenden Stromstärke I_2 proportionale remanente Magnetisierung $\mathfrak{J}$ aufweise, ist:

$$\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 + k\, m_1 \cdot \frac{I_0 R_0 M}{N} \sin \frac{2 \pi x}{\lambda} ,$$

wobei k eine Konstante, m_1 die Windungszahl pro Centimeter der Schreibmagnete bedeutet, x die Richtung längs der Achse, λ die Wellenlänge der Magnetisierung auf dem Drahte bezeichnet.

Setzt man vereinfachend voraus, dass bei dem Abhörvorgang der Abhörmagnet durch eine einfache Drahtwindung, deren Fläche tangential der Stahldrahtoberfläche liegt, ersetzt wird, so ergiebt sich unter der Annahme, dass die Dimensionen der Windung klein gegen die Wellenlänge λ ist, die induzierte elektromotorische Kraft proportional der Magnetisierung, proportional der Windungsfläche und proportional der Schwingungszahl n.

Die Minimalgeschwindigkeit wird durch das Verhältnis von Polbreite zur Wellenlänge des höchsten noch zu übertragenden Tones bestimmt.

Der im Telephon induzierte Strom stellt sich, wenn A die Selbstinduktion und W den Widerstand des Telephonkreises bezeichnet, als eine mit

$$\frac{I_0 R_0 M m_1 m_2}{\sqrt{\left(A^2 + \frac{W^2}{\omega^2}\right)\left([L_1 L_2 - M^2]^2 \omega^2 + R_1^2 L_2^2 + R_2^2 L_1^2 - 2 R_1 R_2 M^2] + \frac{R_1^2 R_2^2}{\omega^2}\right)}}$$

proportionale Grösse dar.

Für ein gewisses Schwingungsintervall lässt sich demnach erreichen, dass das von n freie Glied im Nenner:

$$A^2 [R_1^2 L_2^2 + R_2^2 L_1^2 - 2 R_1 R_2 M^2] + W^2 [L_1 L_2 - M^2]$$

einen dominierenden Einfluss erlangt, und erklärt Verfasser hieraus die naturgetreue Wiedergabe der Klangfarbe durch das Telegraphon.

Zum Schlusse weist Herr Rellstab auf die geringe bisher erreichte Lautstärke hin, die der bei gewöhnlicher telephonischer Gesprächsübermittlung im allgemeinen nachsteht.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 2. Februar 1901.)

1) Dies. Zeitschr. **2**, 129, 1900.
2) Vgl. dies. Zeitschr. **2**, 256, 1901.

Raschs Elektrolyt-Bogenlicht.

Ewald Rasch beschreibt in der Elektrotechnischen Zeitschrift **22**, 155, 1901 ein neues Verfahren zur Erzeugung von elektrischem Bogenlicht. Dasselbe ist dadurch gekennzeichnet, dass man zwischen unverbrennbaren Elektroden aus Leitern zweiter Klasse einen selbständigen Lichtbogen herstellt, der eine Lichtquelle von überaus günstiger Ökonomie darstellt.

Die notwendige Vorwärmung der Elektroden bis zur selbständigen Stromleitungsfähigkeit wird durch einen Hilfsflammenbogen zwischen gewöhnlichen Elektroden herbeigeführt, die so angeordnet sind, dass sie gleichzeitig den Strom ohne grosse Jouleschen Verluste den weissglühenden Elektrolytelektrodenenden zuführen. Die Energiedichte an den letzteren beträgt etwa 30—40 Watt pro qmm. Die Temperatur ist entsprechend den Verdampfungstemperaturen der angewandten feuerbeständigsten Substanzen. Da bekanntlich mit steigender Temperatur die Strahlen kürzerer Wellenlänge mehr und mehr in Wirksamkeit treten, so ist ohne weiteres klar, dass die Ökonomie des Raschschen Elektrolytbogenlichtes eine höhere ist, als bei den bisher üblichen Beleuchtungsarten.

Es tritt aber noch hinzu, dass wir es in dem Elektrolytbogenlicht auch mit selektiv-anormaler Lichtemission zu thun haben, bei der die Emission der Lichtstrahlen diejenige der Wärmestrahlen relativ überwiegt. Ähnlich wie beim Bremerlicht ist auch hier die von dem Flammenbogen selbst erzeugte Lichtentwickelung eine beträchtliche.

Rasch unterscheidet zwischen „harten" und „weichen" Elektroden. Erstere sind solche mit sehr hohem Kaltwiderstande und hoher Anlasstemperatur, letztere mit mässigem Kaltwiderstande und relativ niedriger Anlasstemperatur. Am geeignetsten erscheinen mittelharte und harte Elektroden, während weiche Elektroden einen zu labilen Lichtbogen bilden und einen weniger günstigen Nutzeffekt besitzen. Aus

den mitgeteilten Messungen geht hervor, dass die Spannungsverhältnisse beim Lichtbogen zwischen harten Elektrolytelektroden praktisch genau die gleichen sind, wie die am gewöhnlichen Kohlelichtbogen.

Wie aus den mittelst Wechselstrom angestellten Versuchen bezüglich der Lichtausbeute hervorgeht, steht unzweifelhaft fest, dass das Elektrolytbogenlicht nächst dem Bremerlicht den geringsten spezifischen Verbrauch aller bekannten Beleuchtungsarten aufweist. Dieselbe beträgt etwa 0,25 Watt, d. h. es entfallen 4 H.-K. auf ein Watt. Die spezifische Lichtausbeute nimmt natürlich bei gleichbleibender Lichtbogenlänge mit steigender Beanspruchung zu. Dieselbe steigt bis 5,21 H.-K. pro Watt, um dann von diesem Punkte, der dem Flüssigwerden der Elektroden entspricht, wieder abzunehmen. Aus praktischen Gründen wird man sich damit begnügen, die Lampen mit 3—4 H.-K. pro Watt zu beanspruchen. Insbesondere ist es auch möglich, hoch ökonomische Lampen kleinerer (ca. 100) Kerzenzahl mit Hilfe des Elektrolytlichtbogens herzustellen.

Wahrscheinlich dürfte sich wie beim Kohlenbogenlicht die Lichtausbeute unter normaler Beanspruchung der Lampen beim Betrieb mit Gleichstrom noch günstiger stellen. Ein weiterer Vorzug besteht in dem geringeren Abbrand der Elektroden, die nur sehr dünn zu sein brauchen und billig herzustellen sind. Mit dem Hinweise, dass sich das Raschsche Elektrolytbogenlicht bedeutend billiger stellen würde als das Auersche Gasglühlicht, mag zum Schluss eine Übersicht über die normale Lichtausbeute verschiedener elektrischer Beleuchtungsarten gegeben werden.[1])

Beleuchtungsarten	λ_m	Mittelwert von T	Lichtausbeute pro Watt Stromverbrauch in Hefn. Kerzen	Stromverbrauch pro Hefner Kerze in Watt
Edisonglühlampe	1,4 μ	1990	0,29	3,5
Nernstlampe	1,2 μ	2325	0,63	1,6
Osmiumlampe	1.2 μ	2325	0,71	1,4
Bogenlicht				
Wechselstrom	—	—	1,25	0,8
Gleichstrom	0,7 μ	4000	2,00	0,5
Elektrolyt-Bogenlicht	—	—	4,0	0,25
Bremer-Bogenlicht[2])	—	—	5,0	0,20

1) Vgl. auch O. Lummer und E. Pringsheim, Verh. d. d. phys. Ges. III, 4, 1901.

2) Nach Messungen von Prof. Wedding, Helios 1, 17, (1901). Vgl. auch diese Zeitschr. 1, 523, 1900.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 25. Februar 1901.)

Briefkasten.

Anfrage: 1) Was ist Bogenlampe „Regina"? 2) Welches sind die neuesten Mikrophonkonstruktionen?

Antwort: 1) Die Regina-Bogenlampe, System Rosemeyer (Regina-Bogenlampenfabrik Köln), gehört zu den in einem gegen den Sauerstoff der Atmosphäre geschützten Raume brennenden Bogenlampen, deren bisherige Konstruktionen sich aber in der Praxis wenig bewährt zu haben scheinen. Bei der Reginalampe sind die Kohlen mit den beweglichen Teilen des Reguliermechanismus in einem hermetisch abgedichteten Glaszylinder untergebracht, der nur an seiner untersten Stelle durch ein dünnes Röhrchen mit der Atmosphäre kommuniziert. Beim Brennen der Lampe soll sich der obere Teil des Glaszylinders, in welchem der Flammenbogen brennt, mit einem Gemisch von Verbrennungsgasen der Kohle füllen, welches spezifisch leichter als Luft und indifferent gegenüber dem Kohlenabbrand ist, so dass ausser dem elektrischen Abbrand keine Verbrennung derselben eintritt.

Die Lampen brennen nach jeder Bedienung 180 bis 200 Stunden, so dass nicht nur beträchtliche Ersparnis an Kohlen, sondern auch an Bedienung erzielt wird. Der Wattverbrauch soll 20 Prozent kleiner sein wie bei gewöhnlichen Bogenlampen die besondere Form der Abbrennungsflächen soll ausserdem eine bessere Ausstrahlungsverteilung bedingen. Laut Kostenberechnung der Firma stellt sich der Betrieb mit Regina-Bogenlampen über 20 Prozent billiger als mit gewöhnlichen Lampen. Preis der Lampe M. 95.—. H. Th. S.

2) Neuere empfindliche Mikrophone sind:

1. Das Tausendkilometer-Kohlenkorn-Mikrophon mit auswechselbarer Kapsel von Mix & Genest, Berlin. (Siehe diese Zeitschrift 1, 599, 1900). Widerstand 5 bis 15 Ω. Preis M. 7.—; einer Kapsel M. 2.—.

2. Berliners Transmitter (Telephonfabrik Hannover vorm. J. Berliner). Derselbe besitzt horizontal liegende Membrane aus Kohlenplatte von 50 mm Durchmesser, 0,85 mm Dicke. Sonst ähnliche Konstruktion wie bei 1, nur nicht auswechselbar. Widerstand 5 Ω. Preis M. 9—12.

3. Ericsons Mikrophon (Ericson Compagnie, Stockholm). Dasselbe besitzt eine vertikale Membrane aus vergoldetem Messingblech, ist sonst wie die beiden vorstehenden konstruiert. Preis M. 6,85.

4. Siemens & Halskes Beutelmikrophon. Laut gütiger Mitteilung der Firma wird dasselbe gegenwärtig einer Neukonstruktion unterzogen, nach deren Vollendung darüber berichtet werden soll.

5. Graphit-Lautsprechmikrophone, System Deckert (Deckert und Homolka, Wien). Die Kohlenelektrode besitzt versetzte Prismen und Pinselisolierung der aktiv gegen die zweite Elektrode wirkenden Prismenspitzen. Zweite Elektrode ist eine patentierte Graphitkohlenmembrane, die mit verfilzter Isolierung der äusseren toten Ringfläche in Hartgummidose eingebaut ist. Füllung mit patentiertem Graphitkohlenklein. Preis M. 7—12.

Zu den besten Mikrophonen für telephonische Zwecke gehören auch die der Bell telephone Manuf. Co., Antwerpen nnd Edisons Pulvermikrophone. Für starke Beanspruchung empfiehlt sich neben Berliners Transmitter vor allem der Deckertsche Graphit-Transmitter und wegen der leichten Auswechselbarkeit der Mikrophonkapseln das Mix & Genestsche 1000 km.-Mikrophon. H. Th. S.

Berichtigungen.

Herr E. van Aubel wünscht in seiner Arbeit „Über den elektrischen Widerstand der reinen Metalle" folgende Korrekturen: Seite 371, Spalte 2, Zeile 13 und 14 von oben statt „gewalzten Zinn" gezogenen Zinn; Zeile 17 und 18 statt „in der Glühhitze" warm. Seite 372, Spalte 1, Zeile 8 von oben statt „O. Matthiessen und C. Voigt" A. Matthiessen und C. Vogt; Zeile 24 von oben statt „der Niederschlag" das Schmelzen; Zeile 3 von unten statt „das flüssige Gas" die flüssige Luft. In dem ersten Citat dieser Spalte ist zu lesen: Pogg. Ann. 118, 444, 1863. Die Verweisung[1]) auf Seite 372 Spalte 2, Zeile 1 von oben soll auf Zeile 34 hinter Wismut gerückt werden. Zeile 10 und 11 von oben ist statt „J. Dewar und J. A. Fleming allein" zu lesen J. Dewar und J. A. Fleming oder J. A. Fleming allein.

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 28. 13. April 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über ein Elektroradiophon für sehr starke Töne und die sie erzeugende Ursache.

Von Thomas Tommasina.[1])

Das neue Elektroradiophon, welches ich soeben konstruiert habe, liefert Töne, welche vollkommen deutlich an jeder Stelle eines grossen Saales gehört werden können. Die Empfindlichkeit ist ein wenig geringer, als diejenige anderer, wie z. B. die von Kohärern aus gestossener Kohle,[2]) aber sie genügt doch, denn der Apparat spricht auf jedes Fünkchen von Millimeter Grösse an, das am anderen Ende des Saales zwischen einer kleinen isolierten Funkenstrecke an den Polen einer Induktionsspule aufblitzt, mit einem starken Ton. Ein Relais ist nicht nötig und der Apparat ist einfach mit einer Säule in den Stromkreis eingeschaltet.

In den Kohärern aus Eisenfeilspänen und aus Kohle müssen die Teilchen möglichst freibeweglich sein und dürfen nur dem Druck ihres eigenen Gewichts unterliegen; dagegen befinden sich die Eisenfeilspäne in dem Radiokonduktor dieses Apparats in einem isolierenden, teigigen Gemenge und nach dem Verfahren von Branly unter einem Druck, der so reguliert werden kann, dass er einem Strom von gewisser Stärke den Durchgang gestattet.

Radiokonduktoren, welche fähig waren, in dem inneren Mechanismus eines üblichen Empfängers zu funktionieren, sind folgendermassen konstruiert worden:

In jedes von zwei Stücken einer Thermometer-Kapillarröhre von 5 cm Länge wird ein Platindraht eingeführt, der auf der einen Seite zu einer Öse gedreht wird. Auf der anderen Seite von jeder Röhre werden die Drähte so ineinander gewickelt, dass je eine kleine, flache Spirale entsteht. Nun wird eine dieser Kapillaren über das Endstück, welches die Spirale trägt, in eine Glasröhre geschoben, deren innerer Durchmesser gleich dem äusseren der Kapillare ist. Die beiden Röhren werden am anderen Ende zusammengeschmolzen, so dass nur die Platinöse herausragt. Hierauf wird das teigige Gemenge auf die Spirale der anderen Röhre gehäuft und diese auch in die grosse Röhre hineingeschoben, bis das Gemenge gegen die Spirale der ersten Röhre gedrückt wird. Sodann wird der Druck unter der Wirkung Hertzscher Wellen reguliert und die Röhre vermittelst Lötrohr vollständig verschlossen, so dass sie auch an dieser Seite nur die andere Platinöse herauslässt.

Der durch jede oszillierende Entladung in dem Stromkreise dieses Empfängers induzierte Strom ruft in dem Gemenge eine Wirkung hervor, die darin besteht, dass sofort ein oder mehrere kleine Kontakte unterbrochen werden. Die Galvanometernadel fällt auf Null herunter, aber einen Augenblick später nimmt sie ihre anfängliche Stellung wieder ein, indem sie zuweilen in Zwischenstellungen stehen bleibt. Aber wie auch die Stellung der Nadel in dem Augenblick, wo das Fünkchen aufblitzt, sein mag, immer wird eine Ablenkung, der eine Vergrösserung des Widerstandes entspricht, zu beobachten sein. Wenn wir die Intensität des Primärstroms, der durch das Elektroradiophon hindurchgeht, vergrössern, so werden die Töne immer mehr an Intensität zunehmen, aber die Galvanometernadel verharrt auf dem höchsten Punkt kritischer Spannung, um, wenn die Regulierung vollkommen ist, fast unbeweglich zu werden. In diesem Fall müssen die Unterbrechungen augenblicklich und vollkommen eintreten, denn der Apparat liefert dieselben Töne, welche wir wahrnehmen, wenn wir den

1) C. R., 11. März 1901.
2) Diese Zeitschr. **2**, 277—278. — C. R. **26**, Nov. 1900.

Stromkreis unterbrechen. Diese Radiokonduktoren haben also die Beschaffenheit eigentlicher, geradezu durch Hertzsche Wellen in Thätigkeit versetzter Unterbrecher.

Die Ursache dieser Erscheinung ist das die Luft ersetzende Dielektrikum. Denn wenn man dieses einem Kohärer aus Eisenfeilspänen, Kohle oder aus einem Gemisch von Eisenfeilspänen und isolierendem Pulver zusetzt, findet unmittelbar darauf ein Anschwellen der Töne in einem in dem Stromkreis angebrachten Telephon statt.

Ich habe diese Erscheinung mit destilliertem Wasser erhalten, indessen giebt Glyzerin allein oder vermengt mit Vaseline die intensivsten Töne. Ebenso scheinen Silberfeilspäne ein gutes Resultat zu geben. In Bezug auf das isolierende Pulver bemerke ich, dass es verschiedener Art sein kann, z. B. Lycopodiumsamen, Schwefel, reine Kieselerde, zerstossenes Glas u. s. w. Dasselbe hat lediglich die permanente Kohärenz der Silberfeilspäne zu verhindern und einen geringen Druck zu ertragen, damit ein kräftigerer Strom in dem Radiokonduktor zur Wirkung gelangen kann.

Dieses neue Elektroradiophon ist für Experimente im Hörsaal und im Laboratorium geeignet, denn es gestattet dem Experimentator, Untersuchungen allein anzustellen, welche gegenwärtig die Hilfe einer zweiten Person fordern. Im nächsten Sommer werde ich die Anwendung des Instruments bei atmosphärischen Entladungen untersuchen.

Genf, den 19. März 1901.

(Eingegangen 21. März 1901.)

Über einen akustischen Versuch.

Von V. v. Lang.

Vor längerer Zeit habe ich gezeigt, dass man die Knoten in einer tönenden Luftsäule schon mit dem Ohre allein nachweisen kann.[1]) Führt man das Ohr oder ein Hörrohr mit Kautschukschlauch, der im Ohre endigt, längs der tönenden Röhre, so kann man durch die grössere Schallstärke direkt die Knotenpunkte auffinden. Es handelte sich nun darum, den entsprechenden Versuch auch für transversale Schwingungen an einer gespannten Saite auszuführen. Mit dem gewöhnlichen Monochord gelang dies aber nicht, da die Resonanzwirkung des Holzkastens alles übertönt. Ein Erfolg wurde erst erzielt, als die Saite über eine Fensternische beiderseits an der Mauer befestigt wurde. Unter der Saite war eine Führung angebracht, durch welche die Mündung des Kautschukschlauches nahe der Saite ihrer Länge nach leicht verschoben werden konnte. Der Schlauch endete auf der anderen Seite in ein gabelförmiges Stück, durch welches mit beiden Ohren, wie bei dem Phonographen, gehört werden konnte.

Setzte nun eine zweite Person mittels eines Bogens die Saite in Teilschwingungen, so konnten die Knotenpunkte mit grosser Präzision von der hörenden aufgefunden werden. Die Knotenpunkte sind aber in diesem Falle die Stellen der Schallminima.

Die benützte Saite war eine Kontrabass E-Saite und 166 cm lang.

1) V. v. Lang, Wiener Berichte **78**, 1878.

(Eingegangen 29. März 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Chemie der extremen Temperaturen.[1])

Von G. Bredig.

Meine Herren! Wohl keine Grösse, welche für physikalische und chemische Zustände bestimmend ist, hat theoretisch und praktisch so ausserordentliche Wichtigkeit wie die Temperatur. Schon physiologisch empfinden wir den Einfluss einer Temperaturverschiebung auf das heftigste. Wenn die Temperatur im Laufe der Jahreszeiten oder der geologischen Perioden sich nur um ein Geringes verschiebt, so finden langsam, aber unwiderstehlich die ungeheuersten Umwälzungen in der Tier- und Pflanzenwelt statt.[1]) Auch Sonne und Mond sind uns als Weltkörper mit extremen Temperaturunterschieden bekannt und parallel mit diesen Unterschieden sehen wir auch ungeheure Verschiedenheiten der Eigenschaften solcher Systeme auftreten. Der Chemiker und Physiker macht stündlich die Erfahrung, wie verschieden sich die von ihm untersuchten Dinge in der Hitze und in der Kälte benehmen, und so ist es denn kein Wunder, dass sich die Wissenschaft gerade mit den Problemen der Wärmeerscheinungen am intensivsten beschäftigt hat, und

1) Habilitationsvorlesung, gehalten am 9. Februar 1901 in Leipzig.

1) Arrhenius, Revue générale des Sciences 1899: Les Oscillations séculaires de la Température; Philosophical Magazine 1896, 267; Naturw. Rundschau **11**, 328, 1896.

dass die Wärmelehre sowohl in Physik wie in Chemie ein Fundament geworden ist, auf welchem sich dank den Bemühungen eines Carnot, Mayer, Helmholtz, Clausius, Horstmann, Gibbs und van't Hoff die stolzen und sicheren Gebäude der mechanischen Wärmetheorie[1]) und der chemischen Verwandtschaftslehre[2]) aufbauen, ja dass sogar die Frage nach der allgemeinen Naturanschauung[3]) eng verknüpft ist mit der Frage nach dem Wesen der Wärmeerscheinungen. Wenn wir fragen, was geschieht auf der Sonne und den übrigen heissen Fixsternen, wie sieht es auf dem Monde und den übrigen tief erkalteten Weltkörpern aus, was war unsere Erde und was wird sie dereinst werden, so ist das gleichbedeutend mit der Frage: „Was geschieht bei extrem hohen und bei extrem niedrigen Temperaturen?" Und über diese Frage will ich hier eine kurze, wenn auch nur recht unvollständige Antwort zu geben versuchen:

Zunächst entsteht die Aufgabe, die Temperatur zu messen. Sehen wir von einem thermodynamischen theoretischen Vorschlage W. Thomsons[4]) ab, so finden wir als eine der exaktesten Methoden[5]) die Anwendung der Gasgesetze im Gasthermometer. Als Füllung der Gefässe aus Glas, Platiniridium oder Porzellan wendet man bei höherer Temperatur meistens Luft oder Stickstoff an. Hierbei ist namentlich ein von Crafts und Meyer ausgebildetes Verdrängungsverfahren sehr handlich, bei welchem das Gasvolumen durch ein anderes absorbierbares Gas, wie Kohlensäure oder Salzsäure aus dem Thermometer verdrängt und bei gewöhnlicher Temperatur gemessen wird. Bei den tiefen Temperaturen sind aber die Luft und ihre Bestandteile wegen ihrer Abweichung von den Gasgesetzen und ihrer schliesslichen Verflüssigung nicht mehr brauchbar, man füllt dann das Thermometer mit Wasserstoff und bei den tiefsten Temperaturen nach Olszewski mit Helium[6]) unter geringem Drucke.

1) Vgl. Mach, Prinzipien der Wärmelehre.

2) van't Hoff, Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie; Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie (2. Aufl.) **II**, 1 und 2; Grundriss d. allgem. Chem. (3. Aufl.); Nernst, Theoretische Chemie (3. Aufl.).

3) Ostwald, Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus, Leipzig 1895; Boltzmann, Wied. Ann. **57**, 39, 1896; Helm, Die Energetik, Leipzig 1898.

4) Mach, Wärmelehre (1. Aufl.) S. 307; Winkelmanns Handbuch der Physik **II**, 2, 432.

5) Holborn und Day, Wied. Ann. **68**, 817, 1899; Ann. d. Physik **2**, 505, 1900; Carl Barus, Die physikalische Behandlung und die Messung hoher Temperaturen, Leipzig 1892; Guillaume et Poincaré, Rapports présentés au Congrès international de Physique, **I**, Paris 1900; Chappuis, S. 131, Barus, S. 148 (diese Zeitschr. 1, 567, 1900; 1, 502, 1900); Callendar, Phil. Mag. **48**, 519, 1899.

6) Olszewski, Wied. Ann. **59**. 191, 1896; Hardin, Die Verflüssigung der Gase (deutsch von J. Traube), Stuttgart, 1900, 164.

Zur Temperaturmessung wurde nach Siemens u. a. auch der elektrische Widerstand der Metalle[1]) benutzt, welcher eine ziemlich geradlinige Funktion der Temperatur ist, dergestalt, dass er beim absoluten Nullpunkte Null wird. Ganz allgemein geworden ist auch die Anwendung der Thermosäule, besonders in der Form des Platin-Platinrhodiumelementes von Le Chatelier[2]). Auch kalorimetrische Methoden,[3]) welche die Wärmeabgabe eines auf die zu bestimmende Temperatur erhitzten und dann in das Kalorimeter eingeführten Körpers von bekannter Wärmekapazität, z. B. eines Platinwürfels, messen, haben sich bewährt, ebenso ein neues Verfahren von D. Berthelot,[4]) welches auf der Änderung des Brechungskoeffizienten der Gase mit Temperatur und Druck beruht.

Schliesslich besitzt man in den Schmelz- und Siedepunkten gewisse Fixpunkte für bestimmte Temperaturen. So benützt man in der Porzellan- und Thonindustrie zur Feststellung der Ofentemperaturen schon lange die sogenannten Segerschen Normalkegel,[5]) welche aus einer Mischung von Quarz, Feldspat, Kreide und Kaolin bestehen und je nach ihrer Zusammensetzung bei verschiedenen, aber bekannten Temperaturen zwischen 1100° und 1700° niederschmelzen. Ebenso benützt man zu gleichem Zwecke die bekannten Schmelzpunkte der Metalle und ihrer Legierungen, namentlich von Gold, Silber und Platin bis zu heller Weissglut hinauf. Violle, Barus, Heycock und Neville,[6]) Callendar[7]) und besonders Holborn mit Wien[1]) und Day[7]) haben solche Schmelzpunkte genau bestimmt. So fand Holborn mit Day am Gasthermometer die Schmelzpunkte

Kadmium . . .	321,7°
Blei	326,9°
Zink	419,0°
Antimon . . .	630,6°
Aluminium . .	657
Silber	961,5°
Gold	1064,0°
Kupfer	1084,1°

und mit Wien am Thermoelement die Schmelzpunkte

Nickel	1484°
Palladium . . .	1587°
Platin	1780°

1) Holborn und Wien, Wied. Ann. **56**, 383, 1895; **59**, 213, 1896; Callendar, Phil. Mag. **32**, 104, 1891.

2) Le Chatelier et Boudouard, Mesure des températures élevées, Paris 1900; Holborn und Wien, Holborn und Day, l. c.

3) Barus, l. c.

4) D. Berthelot, C. R., **120**, 831, 1895, **126**, 410, 473, 1898; Journal de Phys. (3) **4**, 357, 1895.

5) Ost, Lehrbuch der techn. Chemie (2. Aufl.), S. 230

6) Heycock und Neville, Journ. chem. Soc., 1895.

7) Vergl. Note 5 auf nebenstehender Spalte.

Ebenso sind nach Callendar[1]) die Siedepunkte von Anilin 184^{0}1, Naphthalin 218^{0}0, Benzophenon 305^{0}8, Quecksilber 356^{0}7, Schwefel 444^{0}5, Kadmium 756^{0} (779^{0} nach D. Berthelot)[2]), Zink 916^{0} (Holborn und Wien 910^{0} bis 930^{0}, Berthelot 920^{0}).

Methoden, um aus der Strahlungsintensität des erhitzten Körpers mit Hilfe eines Bolometers oder Photometers seine Temperatur zu bestimmen,[3]) sind namentlich von Langley, Paschen, Violle, Le Chatelier u. a. behandelt worden. Auf diesem Wege berechnet zum Beispiel Rossetti die Sonnentemperatur zu 9965^{0}, Le Chatelier zu 7600^{0}, Paschen zu 5400^{0}.

Es erhebt sich nun die Frage, wie erzeugen wir im Laboratorium die extrem hohen und die extrem tiefen Temperaturen? Zunächst die hohen Temperaturen: Seit den ältesten Zeiten erzeugt man dieselben mit Hilfe der chemischen Energie, welche wir aus der Verbrennung des Wasserstoffes oder der Kohle und ihrer Verbindungen erhalten. Auch Deville, Troost und Hautefeuille, V. Meyer und seine Schüler, Nilson, Pettersson, Biltz u. a. bedienten sich der Kohle- oder Gasfeuerung. So erreichten Nilson und Pettersson[4]) und ebenso Biltz und Meyer[5]) mit Hilfe eines Leuchtgasgebläses in einem Perrotofen die Weissglut von 1600^{0} bis 1700^{0}. Als Biltz[6]) in einem solchen Ofen Wassergas mit Luft unter Druck und Vorwärmung verbrannte, erreichte er Temperaturen von 1900^{0}. Auf Veranlassung von Victor Meyer, der Dampfdichten zwischen 2000^{0} bis 3000^{0} zu messen wünschte, konstruierte Recklinghausen[7]) einen Ofen, in welchem Retortengraphit in einem Sauerstoffgebläse verbrannte und mit welchem hellste Weissglut erreicht wurde. Bei derselben schmolzen Platin, Platiniridium, Chamotte, Porzellan mit Leichtigkeit. Das einzige Material, das hier stand hielt, war Magnesia. Zum Vergleich füge ich hier auch einige Angaben von Le Chatelier[8]) über die Temperatur industrieller Ofenanlagen bei:

Bessemerprozess	1640^{0}
Siemens-Martin Regenerator .	1580^{0}
Puddelofen	1340^{0}
Hochofen am Gebläse . . .	1930^{0}
Glasofen von Siemens . . .	1400^{0}
Porzellanofen	1370^{0}
Ziegelofen	1100^{0}

Als theoretische Grundsätze bei der Heizung sind aufzustellen: Die erreichbare maximale Temperaturerhöhung berechnet sich theoretisch [1]) proportional der Reaktionswärme und umgekehrt proportional der Wärmekapazität des zu erhitzenden Systemes, zu welchem auch die Reaktionsprodukte und die Beimengungen des Heizmaterials hinzugerechnet werden müssen. Daher erzeugt reiner Sauerstoff mit Kohle eine höhere Temperatur, als die gleiche Menge Luftsauerstoff, weil in letzterem Falle noch der Luftstickstoff als Ballast miterhitzt werden muss. Die Vorwärmung der reagierenden Gase ist deshalb vorteilhaft, um ihren Wärmeinhalt von vornherein zu steigern. Die praktisch erzielten Verbrennungstemperaturen bleiben meist weit hinter dem theoretischen Quotienten von Reaktionswärme und Wärmekapazität zurück und bedürfen erheblicher, meist ungenauer Korrekturen:

1. wegen der starken Zunahme der spezifischen Wärme der Gase mit der Temperatur,
2. wegen der Dissoziationserscheinungen der Verbrennungsprodukte in hohen Temperaturen,
3. wegen der Wärmeverluste durch Leitung und Strahlung.

Letztere können durch schlecht leitende und spiegelnde Schutzhüllen und Ausnützung der Wärme der Abgase nach dem Gegenstromprinzip vermindert werden.

Eine neue, sehr originelle Methode zur Erzielung hoher Temperaturen verdanken wir Goldschmidt[2]) in Essen. Derselbe erzeugt die nötige Energie durch die hohe Verbrennungswärme des jetzt elektrisch in grossen Mengen gewonnenen Aluminiums, dem er den nötigen Sauerstoff nicht in Gasform, sondern in Oxyden, wie Eisenoxyd, Chromoxyd, chemisch gebunden zuführt. Diese Oxyde werden dabei natürlich zugleich reduziert. Er hat so ein Verfahren gegeben, um Temperaturen von ungefähr 2000^{0}—3000^{0} innerhalb weniger Minuten in gewöhnlichen Tiegeln ohne äussere Heizung zu erzeugen, indem er das Gemisch von Aluminium und dem Oxyde im Tiegel wie einen Feuerwerksatz entzündet. Er gewinnt so mit Leichtigkeit durch Reduktion der entsprechenden Oxyde mit dem Aluminium grosse geschmolzene Massen von reinen kohlefreien

1) Vergl. Note 5, Seite 419, 1. Spalte.
2) Barus, Congrès international de Physique, Paris 1900, I, 154.
3) Le Chatelier, Journ. de Physique (3) I, Mai 1892; Lummer, Congrès internat. de Physique, Paris 1900, II; Hempel, Zeitschr. f. angew. Chemie 1901, 237; Barus, Messung hoher Temperaturen, S. 25.
4) Nilson und Pettersson, Zeitschr. f. physik. Chem. 4, 213, 1889.
5) Biltz und V. Meyer, ibid. 4, 255, 1889.
6) Biltz, ibid. 19, 401, 1896.
7) Recklinghausen, Ber. d. d. chem. Ges. 30, 1929; Vgl. auch Holborn und Wien, Wied. Ann. 56, 362, 1895.
8) Le Chatelier, Journ. de Phys. (3) I, Mai 1892.

1) van't Hoff, Vorlesungen über theor. u. phys. Chem. I, 240; Nernst, Theoret. Chem. (2. Aufl.) S. 416; Ost, Lehrb. d. techn. Chemie (2. Aufl.), S. 10.
2) Goldschmidt, Zeitschr. f. Elektrochem. 4, 494, 1898; ibid. 6, 53, 1899.

Metallen, z. B. von Chrom und Mangan, welche im Chromstahl und in Mangankupferlegierungen technische Verwendung finden. Das gleichzeitig entstehende Aluminiumoxyd ist infolge der hohen Temperatur geschmolzen und erstarrt krystallinisch zu Korund, welcher zu Schleifzwecken sehr brauchbar ist, oft auch entsteht, durch Chrom gefärbt, der schon von Frémy früher künstlich erhaltene Rubin.

Eine sehr handliche und in neuester Zeit immer mehr an wissenschaftlicher und technischer Bedeutung gewinnende Form der Heizung ist die elektrische[1]): Eine elektrische Pferdekraft vermag bei Ausschluss von Wärmeverlusten in einer Sekunde 5 g Platin um ungefähr 1000° zu erwärmen. Wegen der Leichtigkeit, mit welcher man auf elektrischem Wege ungeheure Energiemengen in einen verhältnismässig kleinen Raum zusammendrängen kann, vermag man durch elektrische Heizung die höchsten bisher erreichbaren Temperaturen herzustellen, denen nur in der Schmelzbarkeit und Flüchtigkeit des Ofenmaterials eine Grenze gesetzt ist. Man kann die elektrische Energie in zwei Formen von Öfen anwenden. In der einen Form schickt man den Strom durch eine Spule, einen Kohlestab oder durch die leitende Beschickung selbst und erwärmt dieselben so durch Joulesche Wärme. Diese Art von elektrischen Öfen nennt man Widerstandöfen. In der zweiten Art, den „Lichtbogenöfen", wird ein elektrischer Lichtbogen erzeugt, welcher seine ungeheure Hitze durch Leitung und Strahlung auf die möglichst nahe gebrachte Beschickung des Ofens überträgt. Die Temperaturen eines solchen Ofens sind so hoch, dass sie bisher einer genaueren Messung unzugänglich waren, da die schwer schmelzbarsten Materialien, wie Chrommetall, Calciumoxyd, Magnesia darin schmelzen oder wie Silber, Gold, Platin, Eisen, Kieselsäure, Zink und sogar die Kohle und Magnesia darin verdampfen. Nur aus der Energie der Strahlung hat man bisher eine annähernde Schätzung der Lichtbogentemperatur versuchen können, die nach Rossetti am negativen Pol 2500°, am positiven Pol 3900° ist, während Le Chatelier[2]) 3000° bis 4100° findet.

Auch die Aufgabe, ziemlich hohe Temperaturen bis hinauf zu hoher Glühhitze konstant zu halten, ist in letzter Zeit namentlich durch die verdienstvollen Arbeiten der physikalisch-technischen Reichsanstalt und von Max Bodenstein behandelt worden. Erstere[3]) verwendet hierzu regulierbare elektrische Ströme in Heizspulen oder Dampfmäntel mit siedendem Zink, Bodenstein[1]) ausser den bekannten Siedemänteln auch Flüssigkeits-Thermostaten nach Art der Ostwaldschen mit Öl- oder Zinn-Bleifüllung. Die thermometrische Ausdehnung eines Porzellanstabes reguliert bei Bodenstein in sinnreicher Weise die Gasheizung bis hinauf zu 700°.

Wir kommen jetzt zu der Frage: „Wie erzeugt man tiefe Temperaturen?" — Wie die Erzeugung hoher Temperaturen, so hat auch die Kälteerzeugung von jeher das grösste industrielle Interesse besessen und ist seit langem in Betrieb. Der bekannte Gebrauch der Kältemischungen[2]) aus festem oder flüssigem Wasser und Salzen oder Schwefelsäure zur Bindung der Schmelz- oder Lösungswärmen ist allbekannt. Doch sind die damit erhaltenen Abkühlungen selten grösser als 60° und haben ihre Grenze im kryohydratischen Punkte.[3]) Will man die Temperatur beliebig variieren können, so muss man eben bei Systemen bleiben, bei welchen mit n-Stoffen höchstens $(n + 1)$ Phasen vorhanden sind, so dass man nach der Phasenregel eine Freiheit in Bezug auf eine Temperaturfunktion behält.[4]) Solche Systeme kommen denn auch in den Kälteapparaten zur Geltung, wo Flüssigkeiten, wie Ammoniak, Schwefeldioxyd, Chlormethyl, flüssiges Äthylen, Methan, flüssige Luft und sogar flüssiger Wasserstoff durch Druckverminderung zum Sieden gebracht werden oft unter stufenweiser Hintereinanderschaltung der verschiedenen Verdampfungssysteme, wie z. B. bei den berühmten Versuchen Pictets zur Verflüssigung der permanenten Gase.[5]) Die Arbeit, die man in einer solchen kontinuierlich-wirkenden Kältemaschine zu leisten hat, besteht theoretisch darin, dass man durch einen Carnot-Clausiusschen Kreisprozess dem abzukühlenden Systeme Wärme entzieht und diese unter Arbeitsleistung auf ein wärmeres System, das Kühlwasser der Kompressionspumpen, überträgt.

Anstatt wie in obigen Beispielen die latente Umwandlungswärme heterogener Phasensysteme zum Wärmeverbrauch zu benützen, giebt es ferner auch ein Verfahren, welches das thermische Verhalten einphasiger Systeme,

1) Moissan, Der elektrische Ofen (deutsch von Zettel) mit Nachträgen; Haber, Grundriss d. techn. Elektrochemie, S. 379; Borchers, Zeitschr. f. Elektrochemie **3**, 189, 213, 239, 260, 533; Nernst, ibid. **7**, 253, 1900.

2) Le Chatelier, Journ. de Phys. (3) **1**, Mai 1892.

3) Holborn und Day, l. c.

1) Bodenstein, Zeitschr. f. physikal. Chemie **30**, 113, 1899.

2) Vgl. Ladenburgs Handwörterb. der Chemie **13**, 49.

3) Nernst, Theor. Chem. (2. Aufl.) S. 126, 459; de Coppet, Zeitschr. f. physik. Chemie **22**, 239, 1897.

4) Ostwald, Grundr. d. allgem. Chem. (3. Aufl.) S. 304; Nernst, Theoretische Chemie (2. Aufl.) S. 563; Bakhuis-Roozeboom, Die Bedeutung der Phasenlehre, Leipzig 1900; Meyerhoffer, Die Phasenregel, Leipzig 1893.

5) Vgl. Hardin, Die Verflüssigung der Gase (deutsch von J. Traube) Stuttgart 1900; Ost, Lehrb. d. techn. Chem. (2. Aufl.), S. 30.

nämlich der Gase bei der adiabatischen Ausdehnung benutzt. Schon die adiabatische Arbeitsleistung[1]) eines komprimierten Gases liefert zum Beispiel nach der bekannten Poisson-Laplaceschen Formel für die Entspannung von Luft bei Null Grad und 100 Atmosphären bis auf eine Atmosphäre eine Endtemperatur von — 200°. In der That ist diese Methode namentlich von Cailletet bei seiner bekannten Verflüssigung der permanenten Gase zu Nebeln benützt worden. Mit viel grösserem Erfolge aber haben neuerdings Linde und Hampson das Joule-Thomsonsche Phänomen in Verbindung mit dem Gegenstromprinzip zur Kälteerzeugung benutzt,[2]) so dass man in wenigen Minuten eine Temperatur von — 191° erreichen kann, wo Luft in den flüssigen Zustand übergeht. Das Joule-Thomsonsche Prinzip beruht darauf, dass bei der adiabatischen Ausströmung und Entspannung komprimierter Luft durch einen Wattepfropf oder ein Drosselventil hindurch sich die Luft infolge ihrer Abweichung von den Gasgesetzen, auch ohne äussere Arbeit zu leisten, abkühlt. Die so entspannte abgekühlte Luft dient in einem Gegenstromapparat zur Vorkühlung der neu ankommenden komprimierten und so sinkt die Temperatur am Drosselventil bei kontinuierlichem Betriebe immer tiefer und zwar mit abnehmendem Quadrate der absoluten Temperatur (bei konstanter Druckdifferenz) immer schneller. Schliesslich beginnt die Luft bei — 191° sich zu verflüssigen. Durch Sieden der flüssigen Luft unter vermindertem Druck kann nun nach der vorangehenden Methode die Temperatur noch weiter erniedrigt werden. — Ebenso wie bei hohen Temperaturen der Ofen, so ist auch hier der Kälteraum durch schlechte Wärmeleiter und Spiegel von der Umgebung zu isolieren, am besten durch die spiegelnden Vakuumgefässe von Weinhold-Dewar.

1) Vgl. Ostwald, Grundr. d. allgem. Chemie (3. Aufl.), S. 92, 100; Hardin, l. c.

2) Linde, Zeitschr. f. Elektrochem. **4**, 2, 1897; Winkelmanns Handb. d. Physik **II**, 2, 466—470.

Die Aufgabe, tiefe Temperaturen konstant zu halten, lässt sich am besten mit Hilfe nullvarianter oder bei konstantem Drucke mit monovarianten Systemen lösen. So liegt zum Beispiel der Siedepunkt des monovarianten dreiphasigen Gemisches von Alkohol, fester Kohlensäure und ihren Dämpfen bei[1]) Atmosphärendruck[2]) konstant bei — 83°. Auch Kryohydrate[3]) und Schmelzpunkte sind so thermostatisch verwendbar.

1 Ebenso nach Chappuis[4]) bei — 78°2 für ein Gemisch von Äther und fester Kohlensäure.

2) Vgl. Roozeboom, l. c., S. 9.

3) Vgl. z. B. Nernst und Abegg, Zeitschr. f. physik. Chem. **15**, 685, 1894.

4) Ramsay und Travers, l. c.; Hardin, l. c.; S. 168; Guillaume et Poincaré, Rapports prés. au Congrès internat. de Physique, Paris 1900, Chappuis, **I**, 146—147.

(Schluss folgt.)

REFERATE.

Technische Mechanik.

Besorgt von Prof. **E. Meyer.**

O. Mohr, Welche Umstände bedingen die Elastizitätsgrenze und den Bruch eines Materials? Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure 1900, Heft 45—46.

Der Verfasser geht von der Betrachtung des Spannungszustandes einer unendlich kleinen Kugel aus, in welcher die Hauptspannungen der algebraischen Grösse nach geordnet $\sigma_x \sigma_y \sigma_z$ seien, und zeigt, dass man die Spannungen eines beliebigen Oberflächenelementes der Kugel auf folgende Weise graphisch darstellen kann: Auf der Abscissenachse eines rechtwinkligen Koordinatensystems, dessen Abscissen Normalspannungen (σ), dessen Ordinaten Schubspannungen (τ) bedeuten sollen, trage man nach Grösse und Vorzeichen die 3 Hauptspannungen des Körperelementes von O aus ab: $\sigma_z = OZ$, $\sigma_y = OY$, $\sigma_x = OX$ (Fig. 1) (σ_x sei beispielsweise negativ) und schlage über den Strecken XY, YZ, ZX Kreise. Dann kann man beweisen, dass die Spannungen σ und τ aller Oberflächenelemente der Kugel durch die Koordinaten von Punkten dargestellt werden,

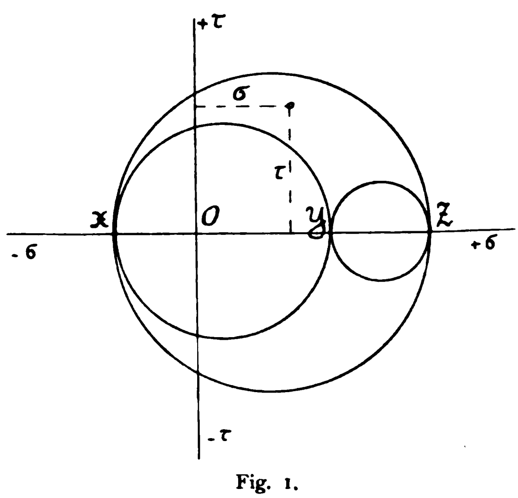


Fig. 1.

welche innerhalb der beiden Kreisdreiecke XYZ liegen. Die auf dem ZX-Kreis liegenden Punkte bezeichnen die Spannungen in Oberflächenelementen senkrecht zur $\sigma_z \sigma_x$-Ebene der Kugel; wie die Figur zeigt, sind das die Flächen, in welchen bei konstanter Normalspannung die Schubspannung am grössten ist. Mohr nennt deshalb den ZX-Kreis den Hauptkreis des Spannungszustandes. Die durch den Versuch leicht zu ermittelnden Grenzzustände bei einfacher Zug- bezw. einfacher Druck-Belastung haben die Hauptspannungen: $\sigma_x = o$, $\sigma_y = o$, $\sigma_z = k_1$ bezw. $\sigma_x = -k_2$, $\sigma_y = o$, $\sigma_z = o$ und werden durch die beiden Kreise über $OA = k_1$ und $OB = k_2$ (Fig. 2)

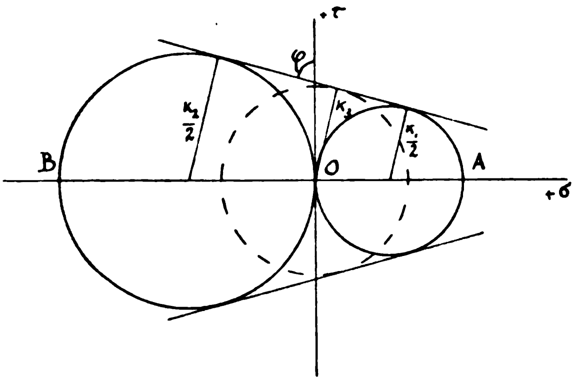


Fig. 2.

dargestellt. Um nun den Hauptkreis eines beliebigen anderen Grenzzustandes zu finden, dessen Hauptspannungen zwischen k_1 und $-k_2$ liegen, ziehe man an die beiden Kreise über OA und OB die äusseren Tangenten; dann berührt der gesuchte Hauptkreis ebenfalls diese Tangenten. So würde z. B. der Hauptkreis der Torsionsfestigkeit ($\sigma_x = -k_3$, $\sigma_y = o$, $\sigma_z = k_3$) durch den Kreis um O dargestellt werden, welcher die beiden Tangenten berührt, d. h. die Torsionsfestigkeit hat den Wert $k_3 = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}$, wenn k_1 und k_2 Zug- und Druckfestigkeit bedeuten. Für die Elastizitätsgrenze gilt dieselbe Beziehung. Für die angegebene Konstruktion sind folgende Annahmen und Überlegungen massgebend. Der Bruch bezw. die Elastizitätsgrenze ist abhängig von der Normalspannung und von der Schubspannung und zwar derart, dass bei gegebener Normalspannung die in derselben Fläche herrschende Schubspannung einen von der Materialbeschaffenheit abhängigen Grösstwert nicht überschreiten darf; der Bruch tritt in den Flächen ein, in welchen diese Grenze überschritten wird. Die Bruchflächen gehen stets durch die mittlere Hauptachse des Körperelementes. Trägt man die zum Bruche führenden, zusammengehörigen Normal- und Schubspannungen als Abscisse und Ordinaten auf, so erhält man die sogenannte Bruchgrenzkurve des Materials. Diese berührt alle Hauptkreise, welche Grenzzustände darstellen; denn innerhalb eines Spannungszustandes liegen auf dem Hauptkreis die Punkte, welche gleichzeitige Grösstwerte von Normalspannung und Schubspannung bedeuten, und diesen Punkten entsprechen Flächenelemente, welche senkrecht zur $\sigma_x \sigma_z$-Ebene stehen. Über den wirklichen Verlauf der Bruchgrenzkurve kann man zur Zeit noch nicht viel aussagen, es zeigt sich aber, dass man eine gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Versuch erhält, wenn man die Kurve zwischen den beiden Hauptkreisen OA und OB durch zwei gerade Linien ersetzt, nämlich durch die beiden äusseren Tangenten. Die Gleichung der beiden Graden lautet $\tau = \tau_o \left(1 - \frac{k_2 - k_1}{k_1 k_2}\right)$, worin $\tau_o = \frac{1}{2}\sqrt{k_1 k_2}$ die Schubfestigkeit des Materials ($\sigma = o$) bedeutet, und man erkennt, dass die Normalspannung um so mehr von Einfluss auf den Bruch ist, je grösser $(k_1 - k_1)$.

Versuche von Bach an gusseisernen Hohlstäben ergaben eine Torsionsfestigkeit, welche genau der Beziehung $k_3 = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$ entspricht. Die analoge Beziehung für die Torsionsspannung an der Fliessgrenze bestätigt sich sehr gut durch die von Bauschinger mit Bessemereisen und neuerdings von J. Guest an Stahlröhren[1]) angestellten Versuche. Zerreissversuche von Voigt an Stearin und Steinsalz unter verschieden grossem allseitigem Druck ergaben für beide Materialien $\sigma_z - \sigma_x = \text{const}$, was bei dem spröden Steinsalz auffällt, bei dem durchaus plastischen Stearin mit der Theorie übereinstimmt. Versuche von Föppl mit Druck auf 2 bezw. 4 Seitenflächen eines Würfels ergaben in beiden Fällen fast gleiche Bruchspannungen. Der erste Zustand ist gegeben durch: $\sigma_x = -k_2$, $\sigma_y = \sigma_z = o$, der zweite $\sigma_x = \sigma_y = -k_2$, $\sigma_z = o$, und es entspricht vollständig der Mohrschen Theorie, dass die mittlere Hauptspannung σ_y keinen Einfluss auf die Bruchgrenze hat, der Spannungskreis ist in beiden Fällen derselbe. Desgleichen ist die Erscheinung, dass in dem zweiten Fall der Bruch in Ebenen parallel zu den unbelasteten Seitenflächen erfolgte, eine Bestätigung der Theorie; denn diese Ebenen enthalten alle möglichen Lagen der y-Achse in den Bruchflächen.

Da jeder Hauptkreis zwei Berührungspunkte mit der Bruchgrenzkurve hat, so folgt, dass in jedem Körperelement der Bruch in zwei Flächen eintritt, und es lässt sich zeigen, dass diese einen Winkel einschliessen, welcher gleich dem Winkel φ zwischen Tangente und τ-Achse ist. Der Winkel φ tritt bei Fliessfiguren in die äussere Erschei-

1) Vgl. diese Zeitschr. 2, 391, 1901.

nung, und die Messung an solchen bestätigt, dass φ um so spitzer ist, je grösser $(k_2 - k_1)$.

P. Roth.

(Eingegangen am 17. Febr. 1901.)

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Auer's Osmiumlampe.

Zahlreich sind die Versuche durch Anwendung von Glühfäden oder Glühkörpern aus einem gegen hohe Temperaturen widerstandsfähigeren, für die Lichterzeugung geeigneteren Material als die Kohle die Ökonomie der elektrischen Glühlampen zu erhöhen. Da bekanntlich nach dem W. Wienschen Verschiebungsgesetz[1]) $\lambda_{max} = \frac{A}{T}$ das Strahlungsmaximum der Lummer-Jankeschen Energiekurve[2])

$$E = C \cdot T^{5-\mu} \lambda^{-\mu} e^{-\frac{c}{(\lambda T)^{\nu}}}$$

verschoben wird, so werden mit zunehmender Glühtemperatur die lichtwirksamsten Strahlen des Emissionsspektrums mehr und mehr überwiegen. Nachdem der Platinfaden der ersten Edison-Glühlampen durch den beständigeren Kohlenfaden ersetzt war, hat man Versuche mit Karborundumfäden und solchen aus Mischungen von Kohle mit Bor, Silicium u. s. w. angestellt, die jedoch nur geringe praktische Bedeutung erlangten.

Ein grosser Fortschritt wurde durch die Anwendung von Glühkörpern aus den Oxyden der seltenen Erdmetalle, den Leitern zweiter Klasse erzielt. Da bei dem Nernstschen Glühlicht die Forderung der Strahlung bei möglichst hoher Temperatur in höherem Grade erfüllt ist, als bei dem gewöhnlichen Glühlicht, so ist die Ökonomie eine bedeutend grössere. Während bei normaler Beanspruchung der spezifische Verbrauch einer Glühlampe etwa 3,5 Watt pro H.-E. beträgt, ist derselbe bei einer Nernstlampe auf etwa 1,7 Watt gesunken. Eine höhere Beanspruchung eines Nernst-Stäbchens setzt zwar den Verbrauch noch bedeutend herunter (bis auf 1,6 Watt pro H.-E.), ist aber wegen der ausserordentlichen Verminderung der Lebensdauer praktisch nicht angängig.

Während der Nernst-Lampe, wegen der Schwierigkeit der automatischen Anwärmung und in der den Kohlenfaden-Glühlampen gegenüber beträchtlich kürzeren Lebensdauer (ca. 100 Brennstunden) gewisse Mängel anhaften, erscheint die neue Osmiumlampe als das Ideal einer elektrischen Glühlampe. Dr. Carl Auer von Welsbach ist es nämlich gelungen, das Osmium, welches von allen Metallen den höchsten Schmelzpunkt besitzt, in fadenförmigen Zustand zu bringen. Da ein Osmiumglühfaden ein Leiter ist, so kann derselbe in eine luftleere Glasbirne eingeschmolzen, durch einfaches Einschalten in den elektrischen Stromkreis ohne jede Hilfsvorrichtung, wie jede gewöhnliche Glühlampe zum Leuchten gebracht werden. Osmiumglühlampen mit einem spezifischen Verbrauch von 1,5 Watt erreichten eine Lebensdauer von ca. 1000 Brennstunden. Wegen der besseren Leitfähigkeit des Osmiums erfordert die Osmiumlampe geringere Spannung als eine Kohlenfadenglühlampe. Bisher wurden bei Osmiumlampen für Spannungen von 20 bis 50 Volt und Kerzenstärken von 2—200 H.-E. hergestellt. Besonders vorteilhaft erscheint die niedrige Betriebsspannung für die Benutzung von Akkumulatoren als Stromquelle, während bei der von den meisten elektrischen Zentralen eingeführten Spannung von 110 resp. 220 Volt mehrere solcher Lampen hintereinander geschaltet werden müssten. Die Transformation des Stromes zum Einzelbetrieb der Lampen muss als ein Nachteil angesehen werden.

In der ausserordentlichen Generalversammlung der Deutschen Gasglühlicht-Aktiengesellschaft am 23. Januar dieses Jahres zu Berlin führte Herr Ingenieur Scholz von der Glühlampenfabrik Gebrüder Pintsch mehrere Osmiumlampen im Betrieb vor. Während vier hintereinander geschaltete Osmiumlampen zu 25 Volt einen Stromverbrauch von 0,96 A. besassen, betrug der Verbrauch von vier parallel geschalteten 100 Volt Edison-Glühlampen gleicher Lichtstärke 2,40 A., das bedeutet eine Stromersparnis von 60%. Das Licht der Osmiumlampe ist schön weiss, ähnlich wie Gasglühlicht. Die kerzenförmige Osmiumglühlampenbirne ist bedeutend grösser als die einer gewöhnlichen 16kerzigen 110-Voltlampe, der Faden ist etwas länger, nur einmal gebogen und nahe der Biegung verankert. Falls die Herstellungskosten der Lampe nicht beträchtlich höhere sind als die einer gewöhnlichen Glühlampe, wird die Einführung der Osmiumlampe, deren fabrikationsmässige Herstellung im grossen Stile bereits begonnen ist, eine ähnliche Umwälzung in der elektrischen Beleuchtung hervorrufen, wie die Einführung des Gasglühlichtes in der Entwickelung der Gasbeleuchtung, und könnte damit der bisherige Kampf beider Beleuchtungsarten endgültig zu Gunsten der Elektrizität entschieden werden.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 25. Februar 1901.)

1) Sitzungsber. der K. Akad. d. Wiss. zu Berlin 6, 55—62, 1893.

2) Annalen 3, 283—297, 1900; vgl. auch: Lummer, Sur le rayonnement des corps noirs. Int. Congr. Paris 1900. Vgl. auch Pringsheim, diese Zeitschrift 2. 154. 1900.

W. Duddell, Über schnelle Stromveränderungen in einem Gleichstrom-Flammenbogen. The Electrician **46**, 269—273 und 310—313 (14. u. 21. Dezember 1900).

Während zahlreiche Experimentatoren den Einfluss langsamer Stromänderungen auf den von einer Gleichstrom-Dynamo oder einer Akkumulatoren-Batterie gespeisten elektrischen Flammenbogen untersucht haben,[1]) und auch die Wirkungen plötzlicher Stromänderungen durch Frau Ayrton[2]) eingehender studiert wurden, behandelt W. Duddell in seinem sehr bemerkenswerten Aufsatze die Erscheinungen, welche mehr oder weniger schnelle periodische Stromschwankungen, innerhalb eines Bereiches, der gegen den mittleren Wert des Gleichstromes verhältnismässig klein ist, im elektrischen Flammenbogen hervorrufen.

Derartige Stromoszillationen können teils durch Veränderungen im Speisestromkreis, wie z. B. durch Variation der elektromotorischen Kraft oder des Widerstandes, teils durch Vorgänge im Flammenbogen selbst, wie z. B. durch Zischen oder Summen bedingt sein. Duddell behandelt zunächst die Ursachen erster Art.

I. Stromschwankungen bedingt durch Änderungen des Speisestromes.

Die Wirkungen dieser Stromschwankungen werden unter folgenden vier Gesichtspunkten betrachtet: 1) Einfluss auf die Potentialdifferenz zwischen den Endpunkten des Bogens, 2) Einfluss auf die Lichtintensität, 3) Einfluss auf die Kraterform und 4) Einfluss auf die Gashülle.

Duddell setzt bei den folgenden Betrachtungen voraus, dass die Amplitude der Schwankung kleiner ist als 10% des Durchschnittswertes des Speisestromes und dass der Flammenbogen weder zischt noch summt.

1) Einfluss auf die Potentialdifferenz.

Für den Fall langsamer Änderungen sind die diesbezüglichen Beziehungen durch die von Frau Ayrton entworfenen Kurven charakterisiert. Erfolgen die Schwankungen so rasch, dass die Kohlen nicht mehr den jeweiligen Stromwerten entsprechend brennen können, so ändern sich die Beziehungen, und es leuchtet ohne weiteres ein, dass wenn die Schwankungen genügend schnell erfolgen und die Amplituden verhältnismässig klein sind, die Verhältnisse im Flammenbogen dieselben bleiben, so dass das Verhältnis der Spannungsänderung zu der entsprechenden Stromveränderung konstant ist und dem wahren Widerstand des Flammenbogens gleichkommt. Eine der von Frau Ayrton veröffentlichten Kurven[1]), kennzeichnet deutlich, in welcher Weise die Beziehung zwischen Potentialdifferenz und Stromstärke von dem Grade der Veränderung der letzteren beeinflusst wird. Jene Kurve zeigt, dass das plötzliche Ansteigen der Stromstärke bei einem Flammenbogen zwischen Docht- und Homogen-Kohle eine vorübergehende Erhöhung der Potentialdifferenz zur Folge hat, während ein langsames Wachsen der Stromstärke bekanntlich ein Sinken der Potentialdifferenz nach sich zieht. Das zuerst erwähnte Ansteigen der Spannung wurde auch bei einem Lichtbogen zwischen zwei Dochtkohlen beobachtet. Duddell stellt nun mittelst Oszillographen fest, dass auch bei Bogen zwischen zwei Homogen-Kohlen durch einen plötzlichen Stromanstieg, wie er etwa durch die Entladung eines Kondensators erzeugt wird, ein vorübergehendes Steigen der Potentialdifferenz zu stande kommt. Nach Verlauf von $\frac{1}{5000}$ Sek. sank die Spannung mit der Zunahme der Stromstärke in gewöhnlicher Weise.

Unter der Annahme, dass während dieser ersten $\frac{1}{5000}$ Sek. die Verhältnisse im Flammenbogen nicht geändert wurden, geht aus diesem Versuche, im Gegensatz zu den Beobachtungen von Frith und Rodgers[2]), hervor, dass der Bogen zwischen Homogen-Kohlen einen positiven Widerstand besitzt.

Bei allen Methoden den Widerstand eines Flammenbogens zwischen Homogen-Kohlen mittelst der durch Stromvariation verursachten Potentialdifferenz-Änderungen zu messen, müssen diese Veränderungen rascher als in $\frac{1}{5000}$ Sek. vor sich gehen, damit sich die Verhältnisse im Flammenbogen nicht verändern. Versuche, die später beschrieben werden sollen, ergeben eine noch kürzere Zeit.

2) Einfluss der Stromschwankungen auf die Lichtintensität.

Die Lichtintensität ändert sich, wie bekannt, mit der Stromstärke. Wie klein und schnell die Änderungen der letzteren erfolgen können, um noch eine nachweisbare Änderung der Lichtintensität hervorzurufen, war bisher noch nicht festgestellt.

Prof. Fleming, Petavel[3]) und Burnie[4]) haben bei Wechselstrombogen nachgewiesen, dass die Schwankungen der Lichtintensität ungefähr den Stromwellen folgen, gegen letztere aber etwa um $\frac{1}{1000}$ Sek. verschoben sind.

---

1) Vgl. The Electrician **34**, **35**, **36**.
2) Vgl. The Electrician **34**, 471, 541, 1895.

1) The Electrician **37**, 321, 1896.
2) Proceedings of the Phys. Soc. **14**, 307, 1896.
3) Proceedings of the Phys. Soc. **14**, 115, 1896.
4) The Electrician **39**, 849, 1897.

Um zu konstatieren, wie schnelle und wie kleine Stromschwankungen sich noch geltend machen, fixierte Duddell das Spaltbild des Bogens auf einer schnellfallenden photographischen Platte, auf welcher mit Hilfe eines Oszillographen die gleichzeitigen Werte der Stromstärke registriert wurden.

Die schnellen Stromschwankungen im Lichtbogen wurden durch eine oszillatorische Entladung eines mit einer Selbstinduktionsspule in Serie geschalteten Kondensators erzielt.

Das erhaltene Negativ zeigt deutlich die durch den übergelagerten aperiodischen Wechselstrom erzeugten Änderungen der Lichtintensität; die sowohl von dem positiven Krater, als auch von der Gashülle ausgehen. Die Stromstärke des Bogens zwischen Homogenkohlen betrug hierbei 8 A., die Schwankungen ca. 3% vom mittleren Wert und die Frequenz der überlagerten Oszillation ca. 4300 Wechsel pro Sekunde. Bei Schwankungen von 2% waren bei dieser Frequenz keine Helligkeitsunterschiede mehr auf der photographischen Platte wahrzunehmen.

Das Nacheilen der Intensitätswellen hinter den Stromwellen konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden, betrug jedoch sicher weniger als $\frac{1}{10000}$ Sek. Es ist noch zu bemerken, dass es sich hier um die photographisch wirksamen Strahlen handelt, die sichtbaren Strahlen werden sich offenbar in ähnlicher Weise verändern.

3) Einfluss der Stromschwankungen auf die Kraterform.

Bei den Frith und Rodgersschen Versuchen, bei denen ein Wechselstrom von 0,5 bis 1,0 A. bei einer Frequenz von 100 Wechseln pro Sekunde einem 10 A. Gleichstrom überlagert wurde, waren die Kohlenenden von denen einer normalen Gleichstrombogenlampe auffallend verschieden.

Bei $^1/_{10}$ Amp. verschwinden nach Duddell diese Unterschiede.

4) Einfluss der Stromschwankungen auf die Gashüllen. Singende und sprechende Flammenbogen.

Mit Stromstärkeänderungen sind bei gleichbleibender Länge des Flammenbogens Volumenveränderungen des Kohledampfes verbunden, welche zu Schallwellen Veranlassung geben. Dies ist nach Duddell die allgemein angenommene Erklärung des Summens eines Wechselstrom-Flammenbogens.

Im Falle eines Gleichstrom-Flammenbogens werden schon bei sehr geringen Stromstärkeschwankungen akustische Wirkungen erzielt. Beispielsweise kann man die durch die Kollektorlamellen einer Gleichstromdynamo erzeugten Stromschwankungen im Flammenbogen deutlich wahrnehmen.

Diese Schwankungen betragen nach den Messungen von Frith und Rodgers bei einer 5 *KW* zweipoligen Dynamo zwischen 2,5 bis 9% des Hauptstromes je nach der Stellung der Bürsten. Ein anderes deutliches Beispiel der grossen Empfindlichkeit des Flammenbogens liefert die Thatsache, dass ein an die Hauptleitung angeschlossener Wehnelt-Unterbrecher alle von derselben Leitung gespeisten Bogenlampen mit demselben Geräusch mittönen lässt, mit dem er selbst arbeitet.

Um zu bestimmen, welche Stromschwankungen nötig sind, um einen deutlich hörbaren Ton zu erzielen, überlagerte Duddell dem Gleichstrom des Flammenbogens einen Hochfrequenzstrom nach der in Fig. 1 dargestellten Methode.

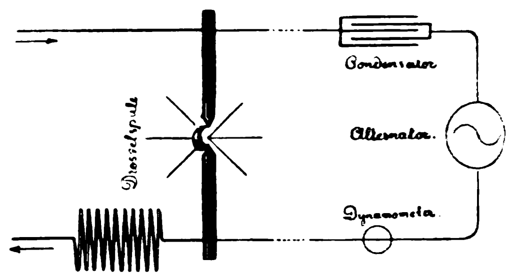


Fig. 1.

Der Hochfrequenzstrom passiert einen Kondensator, das Dynamometer und den Flammenbogen.

Eine Drosselspule verhindert den Ausgleich des Hochfrequenzstromes durch die Akkumulatorenbatterie, während der Gleichstrom wegen des Kondensators nicht durch die Hochfrequenz-Wechselstrommaschine fliessen kann. Es zeigte sich, dass der 10000. Teil des Hauptstromes bei einer Frequenz von mehreren hundert bis zu 8000 Wechseln pro Sekunde noch hinreichte, um akustische Wirkungen hervorzurufen. Die Empfindlichkeit des Lichtbogens für sehr kleine Stromschwankungen beweist, dass nicht nur schnell erfolgende Stromveränderungen in jedem beliebigen von demselben Stromerzeuger wie der Lichtbogen gespeisten Stromkreis, in diesem abgehört werden können, sondern dass auch solche Stromveränderungen, welche in einem ganz unabhängigen, von einem besonderen Stromerzeuger mit Strom versorgten Stromkreis infolge gegenseitiger Induktion beider Stromkreise auftreten, im Lichtbogen wahrgenommen werden können.

Diese ausserordentliche Empfindlichkeit auf sehr kleine Stromschwankungen ist bekanntlich zuerst von H. Th. Simon[1]) dazu benutzt worden, den Flammenbogen an Stelle eines

1) Wied. Ann. 64, 233, 1898.

Telephonempfängers zu benutzen. Die Simonsche Anordnung (Fig. 2) ist bereits eingehender in dieser Zeitschrift beschrieben worden.[1])

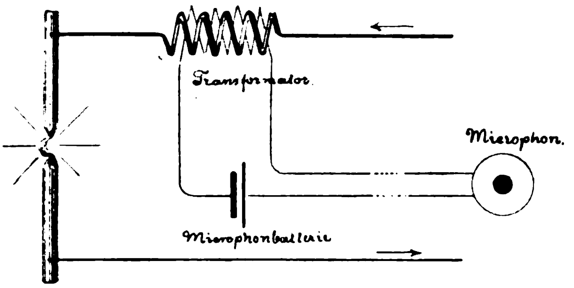


Fig. 2.

Um eine Schwächung der Stromoszillationen, welche sich bei der Simonschen Anordnung durch die ganze Stromleitung fortpflanzen müssen, zu vermeiden und die Stromoszillationen nur im Flammenbogen selbst wirken zu lassen, benutzt Duddell die in Fig. 3 dargestellte Anordnung.

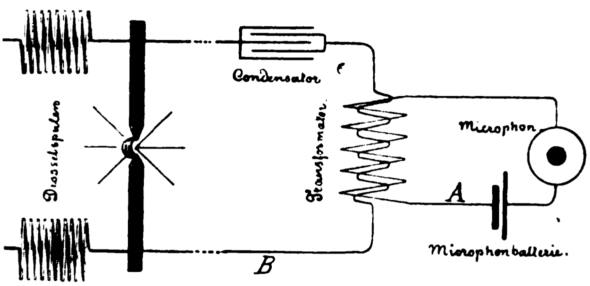


Fig. 3.

Der Kondensator hat dabei etwa eine Kapazität von zwei bis drei Mikrofarad.[2])

Die Lautstärke der Wiedergabe wird durch Vergrösserung der Flammenbogenlänge vermehrt, da dieses eine Vergrösserung des Volumens der Gashülle zur Folge hat.

Die besten Resultate erzielte Duddell mit einer Stromstärke von 10—12 A., 11—13 mm starken Kohlen und einer Flammenbogenlänge von 20—30 mm.

Um möglichst lange Flammenbogen zu erhalten, verwendet man Dochtkohlen oder mit Natron oder Kalisalzen imprägnierte Kohlen. Jervis Smith hat Glas als Docht empfohlen, welches auch gute Dienste leistet.

Um den Flammenbogen als Transmitter zu benutzen, wie es ebenfalls zuerst von H. Th. Simon geschehen ist, verwendet Duddell die in Fig. 4 dargestellte Schaltung. Bei dem Auftreffen von Schallwellen wird der scheinbare Widerstand des Bogens verändert und dadurch Stromschwankungen hervorgerufen. Die in dem Telephon erhaltene Wiedergabe leidet unter dem durch unruhiges Abbrennen der Kohlen erzeugten Nebengeräusch. Bei einem gewöhnlichen Kohlenpaar, welches Risse und Unhomogenitäten aufweist, ist das Nebengeräusch oft unerträglich.

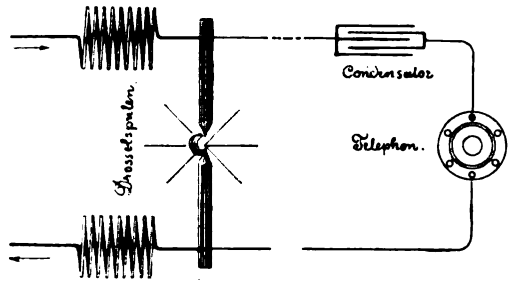


Fig. 4.

Für alle diese Experimente mit dem sprechenden Flammenbogen ist es wichtig, dass der Speisestrom von schnellen Schwankungen frei ist, damit kein Nebengeräusch entsteht. Falls eine Dynamomaschine als Stromerzeuger benutzt wird, ist es vorteilhaft, die durch die Kollektorlamellen bedingten Stromschwankungen durch eine eingeschaltete Drosselspule möglichst unschädlich zu machen.

Diese Drosselspule erfüllt also einen doppelten Zweck: fremde Stromänderungen vom Lichtbogen fernzuhalten und, wie bereits hervorgehoben, die Verzweigung der Mikrophoninduktionsströme durch die Stromquelle zu verhindern.

(Schluss folgt.)

1) Vgl. diese Zeitschr. 2, 253—258, 1901.
2) Vgl. H. Th. Simon, l. c.

Tagesereignisse.

Preisaufgaben der Fürstl. Jablonowskischen Gesellschaft für die Jahre 1901—1904.

Mathematisch-naturwissenschaftliche Sektion.

1. Für das Jahr 1901: Die Theorie der quadratischen Differentialformen ist in einem wesentlichen Punkte zu vervollkommnen.

2. Für das Jahr 1902: Die Gesellschaft wünscht, dass die in der Abhandlung von Poincaré „La méthode de Neumann et le problème de Dirichlet“, 1896, enthaltenen Untersuchungen nach irgend welcher Seite hin wesentlich vervollkommnet werden möchte.

3. Für das Jahr 1903: Es sollen eingehende und einwandsfreie experimentelle Untersuchungen angestellt werden, die einen wesentlichen Beitrag zur Feststellung der Gesetze der lichtelektrischen Ströme liefern.

4. Für das Jahr 1904 wünscht die Gesellschaft: Kritische Erörterungen über die bisherigen Versuche, die Vorgänge bei der chemischen Differenzierung der Gesteinsmagmen zu erklären, sowie weitere Untersuchungen, welche geeignet sind, unter Berücksichtigung der natürlichen Vorkommnisse die mannigfachen auf diesem Gebiete noch offen stehenden Fragen ihrer Lösung näher zu führen.

Der Jahresbericht, der ausführlichere Mitteilungen über die gestellten Preisaufgaben enthält, ist durch den Sekretär der Gesellschaft zu beziehen.

Der Preis für jede gekrönte Abhandlung beträgt 1000 Mk.

Die anonym einzureichenden Bewerbungsschriften sind, wo nicht die Gesellschaft im besonderen Falle ausdrücklich

den Gebrauch einer anderen Sprache gestattet, in deutscher, lateinischer oder französischer Sprache zu verfassen, müssen einseitig geschrieben und paginiert, ferner mit einem Motto versehen und von einem versiegelten Umschlage begleitet sein, welcher auf der Aussenseite das Motto der Arbeit trägt, inwendig den Namen und Wohnort des Verfassers angiebt. Jede Bewerbungsschrift muss auf dem Titelblatte die Angabe einer Adresse enthalten, an welche die Arbeit für den Fall, dass sie nicht preiswürdig befunden wird, zurückzusenden ist. Die Zeit der Einsendung endet mit dem 30. November des angegebenen Jahres, und die Zusendung ist an den derzeitigen Sekretär der Gesellschaft (für das Jahr 1901 Geh. Hofrat Professor Dr. Justus Hermann Lipsius, Leipzig, Weststrasse 89, Erdgeschoss) zu richten. Die Resultate der Prüfung der eingegangenen Schriften werden durch die Leipziger Zeitung im März oder April des folgenden Jahres bekannt gemacht. Die gekrönten Bewerbungsschriften werden Eigentum der Gesellschaft.

73. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg.

Hamburg, den 1. März 1901.

Hochgeehrter Herr!

Die unterzeichneten Geschäftsführer der

73. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte,

die vom 22. bis 28. September d. J. in Hamburg stattfinden wird, geben sich die Ehre, Sie zu dieser Versammlung ergebenst einzuladen.

Die Unterzeichneten gestatten sich zugleich, Sie davon in Kenntnis zu setzen, dass gemäss einem Beschlusse des Vorstandes der Gesellschaft die Organisation der bevorstehenden Jahresversammlung gegenüber den bisherigen Versammlungen einige Änderungen erfahren wird, um, soweit wie möglich, mehrfachen Wünschen zu entsprechen, die während der letzten Jahre geäussert worden sind.

Der Beschluss des Vorstandes betrifft die folgenden beiden Punkte:

Erstens. Es soll versucht werden, einer im Laufe der Jahre eingetretenen zuweitgehenden Zersplitterung der wissenschaftlichen Interessen der Versammlung durch Vereinigung nahestehender Abteilungen entgegenzuwirken.

Von den bis jetzt bestehenden Abteilungen in der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe sind demgemäss verschmolzen worden:

die Geodäsie mit Mathematik und Astronomie,
die Kartographie und Hydrographie mit Geographie,
die Instrumentenkunde und die wissenschaftliche Photographie mit Physik,
die Geophysik mit Meteorologie,
die Agrikulturchemie, landwirtschaftliches Versuchswesen und landwirtschaftliches Gewerbe, sowie Nahrungsmittel-Untersuchung mit anderen technisch-chemischen Gebieten zu einer Abteilung „angewandte Chemie“,
die Entomologie mit Zoologie.

Ferner haben die von der Abteilung für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht in Aussicht genommenen Einführenden vorgeschlagen, diese Abteilung nicht mehr selbständig weiter zu führen, da die Interessen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes weit besser gewahrt würden, wenn einzelne Vorträge aus diesem Gebiete in gemeinsamen Sitzungen aller oder mehrerer der in Betracht kommenden mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilungen gehalten würden, wie dies ja auch bereits mehrfach geschehen ist. Herr Professor Thaer, Direktor der Oberrealschule am Holstenglacis, hat sich bereit erklärt, Wünsche betreffs der Behandlung von Unterrichtsfragen entgegen zu nehmen und das Erforderliche mit den betr. Abteilungen zu vereinbaren. Eine besondere Abteilung für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht wird daher nicht gebildet werden.

Infolge dieser Änderungen sind für die Versammlung in Hamburg statt der bisherigen 38 nur noch 27 Abteilungen in Aussicht genommen.

Zweitens. Es sollen nicht nur, wie dies schon seit einigen Jahren geschehen ist, Themata von umfassenderem Interesse in gemeinsamen Sitzungen mehrerer oder aller Abteilungen einer Hauptgruppe behandelt werden, sondern es sollen auch — abgesehen von den beiden unverändert beibehaltenen allgemeinen Sitzungen bei Beginn und Schluss der Versammlung — Verhandlungen über Fragen von allgemeiner Wichtigkeit, für welche bei allen Teilnehmern an den Jahresversammlungen Interesse vorausgesetzt werden darf, in Aussicht genommen werden. Demgemäss ist für den Mittwoch der Versammlungswoche eine Gesamtsitzung beider Hauptgruppen angesetzt worden, in welcher für dieses erste Jahr ein naturwissenschaftliches Thema, nämlich die moderne Entwickelung der Atomistik, wie sie in der Lehre von den Ionen, Gas-Ionen und Elektronen enthalten ist, von mehreren Referenten dargelegt und zur Erörterung gestellt werden soll. Die Vorstände der einzelnen Abteilungen werden gebeten, während dieser Gesamtsitzung keine besonderen Abteilungssitzungen halten zu wollen.

In ähnlicher Weise sind auch für jede der beiden Hauptgruppen gemeinsame Sitzungen für den Donnerstag vorgesehen; in der medizinischen Hauptgruppe soll die Lehre von den Schutzstoffen des Blutes, in der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe der gegenwärtige Stand der Descendenzlehre behandelt werden. Auch hierfür sind bereits bestimmte Referenten gewonnen worden.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Professor Dr. Voller, 1. Geschäftsführer. Medizinalrat Dr. Reincke, 2. Geschäftsführer.

Abteilungen der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe:

1. Mathematik, Astronomie und Geodäsie.
2. Physik einschl. Instrumentenkunde und wissenschaftliche Photographie.
3. Angewandte Mathematik und Physik (Elektrotechnik einschl. Elektrochemie und Ingenieurwissenschaften).
4. Chemie.
5. Angewandte Chemie einschl. Agrikulturchemie und Nahrungsmittel-Untersuchung.
6. Geophysik einschl. Meteorologie.
7. Geographie, Hydrographie und Kartographie.
8. Mineralogie und Geologie.
9. Botanik.
10. Zoologie einschl. Entomologie.
11. Anthropologie und Ethnologie.

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Elbs, Karl, Die Akkumulatoren. Eine gemeinfassliche Darlegung ihrer Wirkungsweise, Leistung und Behandlung. Mit 3 Figuren im Text. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. 8⁰. VI u. 42 S. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. 1901. M. —.75.

Graetz, Leo, Das Licht und die Farben. Sechs Vorlesungen gehalten im Volkshochschulverein München. („Aus Natur- und Geisteswelt.“ Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens. 17. Bändchen.) Mit 113 Abbildungen. 8⁰. VI u. 150 S. gebunden. Leipzig, B. G. Teubner. 1900. M. 1.25.

Personalien.

Der Privatdozent der Chemie an der Universität Greifswald W. Semmler wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

Auf Ansuchen wurde seiner Funktion enthoben der Privatdozent der Chemie an der Universität München O. Loew.

An der Universität Wien habilitierte sich K. Carda für Mathematik und F. Wenzel für Chemie.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 29. 20. April 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Einfluss der Temperatur auf die „Emanationen" radioaktiver Substanzen.

Von E. Rutherford.

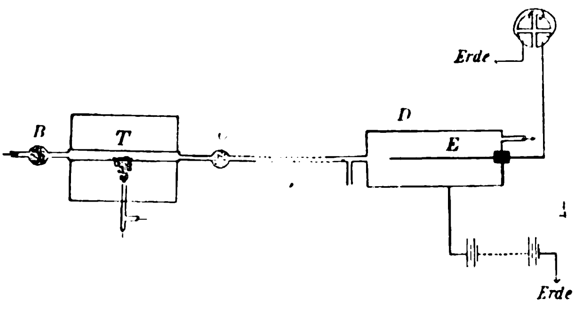
In einer früheren Arbeit [1]) habe ich gezeigt, dass Thoriumverbindungen dauernd eine Art von radioaktiven Teilchen aussenden, die ihr Strahlungsvermögen und die Fähigkeit, die Luft zu ionisieren, einige Minuten lang behalten. Diese „Emanation" (wie ich sie der Kürze halber genannt habe) vermag durch Wattepfropfen und Lösungen hindurchzugehen ohne merklichen Verlust ihres Strahlungsvermögens. Im Falle der Thoriumverbindungen nimmt die von der Emanation ausgehende Strahlung rapide ab, so dass sie in etwa einer Minute auf den halben Wert heruntersinkt.

Dorn [2]) hat gefunden, dass sowohl Radium, als auch Polonium ähnliche Eigenschaften wie Thorium zeigen; doch nehmen die Emanationen mit verschiedener Geschwindigkeit ab. Ferner hat Dorn gezeigt, dass die Anwesenheit von Feuchtigkeit in der Luft das Emanationsvermögen von Thorium, Radium und Polonium vermehrt; am deutlichsten ist letzteres der Fall beim Radium.

Verfasser hat gezeigt, dass die induzierte Aktivität beim Thorium in gewissem Grade von der Emanation abhängt, und Dorn hat dasselbe für Radium nachgewiesen.

Um den Einfluss der Temperatur auf das Emanationsvermögen der radioaktiven Substanzen zu prüfen, wurde folgende Anordnung benutzt (Figur):

Die radioaktive Substanz befand sich in der Mitte einer langen Platinröhre (T) von 40 cm Länge und 0,65 cm Weite. Die Röhre befand sich in einem Asbestofen und wurde mittels einer grossen Gebläseflamme geheizt. Ein Strom ziemlich trockner Luft aus einem Gasbehälter bewegte sich langsam durch ein Trockengefäss mit konzentrierter Schwefelsäure, dann durch



einen Wattepfropf (B), um Staubteilchen und andere Kerne möglichst zu beseitigen. Jenseits der Platinröhre passierte die Luft einen Pfropfen von Glaswolle (C), um mitgeführte Staubteilchen und Ionen zu beseitigen. Dann trat die Luft mit den in ihr enthaltenen Emanationen in ein grosses cylindrisches Metallgefäss (D). Ein in dem Cylinder befindlicher isolierter Messingstab (E) war in üblicher Weise mit den Quadranten eines empfindlichen Elektrometers verbunden.

Ein Pol einer Batterie von 300 Volt war mit dem Gefässe (D), der andere mit der Erde verbunden. Als ein Beispiel der erhaltenen Resultate betrachten wir zuerst die Wirkung des Thoriumoxydes.

Etwa 1 g Thoriumoxyd befand sich in der Mitte der Röhre. Ein Luftstrom von etwa 2 ccm pro Sekunde wurde durch den Apparat

1) Diese Zeitschr., 1, 347, 1900.
2) Naturf.-Ges., Halle 1900.

getrieben, bis die von der Emanation herrührende Entladungsgeschwindigkeit in dem Prüfgefäss konstant war.

Die Elektrometerablenkung betrug 10,6 Skalenteile pro Sekunde. Eine kleine Gasflamme bewirkte nach einiger Zeit ein schwaches Anwachsen der Ablenkung auf 11.8 Teile p. sec. Bei Anwendung der vollen Flamme stieg die Ablenkung auf 18.4 Teile p. sec., und blieb konstant, solange die Flamme konstant blieb. Bei Erhitzung der Röhre auf Rotglut mittels des Gebläses stieg die Ablenkung rapide bis zu einem Maximum von 36 Teilen p. sec. und verminderte sich dann stetig bis auf 12 T. p. sec. Wurde darauf die Röhre zur Weissglut erhitzt, so stieg die Ablenkung wieder auf 19.5 T. p. sec. und fiel dann stetig im Laufe von 10 Minuten bis auf 1.6 T. p. sec. Liess man nun den Apparat sich abkühlen, so gab die Emanation im kalten Zustand eine Wirkung von etwa 1 T. p. sec. Eine Wiederholung der Versuche am nächsten Tage ergab, dass das Emanationsvermögen sich nicht wieder erneuert hatte, und nach einer 20 Minuten langen Erhitzung auf Weissglut verminderte sich die von der Emanation herrührende Ablenkung auf 0.5 T. p. sec.

Die allgemeine Wirkung der Temperatur auf Thoriumoxyd besteht also darin, dass bei Anwendung einer hohen Temperatur das Emanationsvermögen zuerst auf den dreifachen Betrag vermehrt, dann aber fast gänzlich zerstört wird.

Dagegen ergab sich, dass bei Temperaturen unterhalb der Rotglut das Emanationsvermögen des Thoriumoxydes nicht nachliess.

Ein über 3 Stunden dauernder Versuch bei der durch eine volle Gasflamme hervorgebrachten Temperatur zeigte, dass das Emanationsvermögen (etwa doppelt so stark, als bei 20°) während dieser Zeit konstant blieb. Nach Abkühlung auf Zimmertemperatur war der Betrag der Emanation derselbe wie zuvor. Wurde dagegen die Temperatur einmal auf helle Rotglut gesteigert, so war das Emanationsvermögen verloren und konnte nicht wieder hergestellt werden.

Andere Thoriumverbindungen, wie z. B. das Oxalat, Nitrat und Sulphat wurden auch untersucht und ergaben dieselben allgemeinen Resultate, wie das Oxyd. Doch ist für diese Substanzen der Betrag der Emanation viel geringer als für das Oxyd.

Beim Sulphat ist sehr langdauernde starke Erhitzung nötig, um einen grossen Teil des Emanationsvermögens zu zerstören.

Uranoxyd giebt weder kalt noch warm eine merkliche Emanation.

Emanation des Radiums:

(Erhitzung hat einen äusserst grossen Einfluss auf das Emanationsvermögen des Radiums.)

Die untersuchten Radiumpräparate stammten von P. de Haën in Hannover.

Eine kleine Menge der Substanz (Radiumbromid) wurde in die Platinröhre gebracht und in derselben Weise geprüft wie Thoriumoxyd. Liess man einen Luftstrom über die Substanz streichen, so nahm der Betrag der Emanation rapide ab und war in 15 Minuten auf etwa $^1/_4$ des Anfangswertes gefallen, worauf er nahezu konstant blieb. Auf gleiche Materialmengen bezogen und am Ionisationsvermögen gemessen emittierte das Radium weniger Emanation als Thoriumoxyd.

Bei Heizung mit einer kleinen Gasflamme stieg der Betrag der Emanation mit grosser Rapidität. Als der Emanationsstrom im Cylinder einen 300 mal stärkeren Wert erreicht hatte, als bei Zimmertemperatur, wurde die Flamme entfernt und der Luftstrom unterbrochen. Dann zeigte sich, dass der Strom im Prüfcylinder nur langsam im Laufe der Zeit sich veränderte, indem er in 10 Minuten um wenige Prozent fiel. Diese Verminderung entstand wahrscheinlich zum Teil durch Diffusion der Emanation in die freie Luft, durch die Öffnung des Prüfcylinders hindurch. Durch Ausblasen der Luft aus dem Cylinder fiel der Strom auf $^1/_{20}$ seines Wertes, woraus ersichtlich, dass $^{19}/_{20}$ des Stromes von der im Gefäss vorhandenen Emanation herrührte, durch die die Luft ionisiert wurde, während der Rest von in den Wänden des Gefässes induzierter Radioaktivität stammte. Das Experiment wurde sodann mit einer in halber Grösse brennenden Flamme wiederholt, die so lange brannte, bis der Strom einen ziemlich konstanten Wert erreichte, der 650 mal grösser war, als bei Zimmertemperatur. Bei Anwendung der vollen Flamme stieg der Strom auf mehr als das 1800 fache des Anfangswertes. Bei heller Rotglut der Platinröhre stieg die Wirkung auf mehr als das 5000 fache. Erhitzung auf Weissglut bewirkte keine weitere Erhöhung mehr.

In diesem Stadium des Experimentes wurde die Flamme abgestellt, der Luftstrom unterbrochen und die Emanation wiederum ausgeblasen. Hierdurch fiel der Strom auf etwa $^1/_4$ seines Wertes, woraus folgt, das $^3/_4$ von der Emanation herrühren. Bei einer Wiederholung des Versuches am nächsten Tage mit demselben Material konnte der Strom durch Erhitzen auf Rotglut bloss bis auf das 65 fache des Anfangswertes vom vorhergehenden Tage gesteigert werden. Sodann wurde die Röhre 5 Minuten lang auf Weissglut erhitzt. Nach der Abkühlung wurde der Versuch wiederholt; bei Rotglut stieg die Emanation wieder etwa auf das 65 fache.

Diese Versuche zeigen, dass die Emanation des Radiums mit zunehmender Temperatur enorm anwächst; nach einmaliger Erhitzung auf

Rotglut ist jedoch diese anfängliche grosse Steigerung mit der Temperatur zum grössten Teil zerstört und kann nicht wieder hergestellt werden.

Ähnliche Resultate wurden mit einem anderen, als „einfach" bezeichneten Radiumpräparat erhalten. In diesem Falle war die Zunahme des Emanationsvermögens gross, doch nicht so gross, wie bei dem ersten Präparat.

Emanation des Radiums und induzierte Radioaktivität:

Die Emanation des Radiums zeigt einige sehr interessante Eigenschaften. Mit Thorium und Radium bei Atmosphärendruck und Zimmertemperatur wird die induzierte Aktivität stets an der negativen Elektrode erzeugt. Wurde dagegen die Emanation durch Erhitzung erzeugt, so ergab sich, dass die induzierte Aktivität nicht auf die Kathode beschränkt war, sondern manchmal sich über beide Elektroden verbreitete, selbst bei Potentialdifferenzen von 300 Volt. Der Betrag an jeder Elektrode war veränderlich. Bei einem Versuch, bei dem der Betrag der Emanation sehr gross war, war die induzierte Aktivität ziemlich gleichmässig zwischen Anode und Kathode verteilt; bei den meisten Versuchen befand sich jedoch der grösste Teil an der Kathode.

Noch eine andere merkwürdige Wirkung wurde an der Radiumemanation beobachtet. Die unter der Wirkung der vollen Gasflamme erzeugte Emanation wurde in den Prüfcylinder geleitet, bis der Strom zwischen den Elektroden konstant war. Dann wurde der Luftstrom abgestellt und alle Öffnungen verschlossen. Der Strom zwischen den Elektroden wurde von Zeit zu Zeit beobachtet. Im Laufe von 3,5 Stunden stieg der Strom auf das 1,31-fache seines Anfangswertes. Der Apparat wurde dann über Nacht stehen gelassen und bei einer Prüfung am nächsten Tage (d. h. nach 16 Stunden) fand man, dass der Strom auf das 1,1-fache des Anfangswertes gesunken war. Nach nahezu 20 Stunden war der Strom noch immer grösser als der Anfangswert. In diesem Zustande wurde die Luft ausgeblasen, wodurch der Strom ungefähr auf den halben Wert reduziert wurde. Etwa die Hälfte des Stromes rührte somit von Emanation her, die sich noch im Apparate befand, die andere Hälfte von induzierter Aktivität. In diesem Falle beschränkte sich fast die ganze induzierte Strahlung auf die Innenfläche des äusseren Cylinders. Da die Potentialdifferenz fast während der ganzen 20 Stunden angelegt war, so musste die induzierte Aktivität von Diffusion an die Wände herrühren.

Der Versuch zeigt, dass, wie auch Dorn beobachtete, die Emanation des Radiums viel länger wirksam bleibt, als die des Thoriums. In einer früheren Arbeit habe ich gezeigt, dass die Emanation des Thoriums in etwa einer Minute die Hälfte ihrer Wirksamkeit verliert. Um einen grossen Betrag induzierter Aktivität zu erhalten, verfuhr man vorteilhaft so, dass man aus zwei voneinander isolierten parallelen Platinplatten ein geschlossenes Gefäss herstellte. Die obere Platte wurde negativ geladen und das Radium auf die untere Platte gestreut. Nach einer Minute langer Erhitzung mit einer Flamme ergab sich die obere Platte stark radioaktiv.

Es zeigte sich, dass diese Aktivität nicht sehr regelmässig abnahm, aber die mittlere Zeit, die zur Abnahme auf die Hälfte nötig war, war viel geringer, als es bei der induzierten Aktivität des Thoriums der Fall war. Beim Thorium sank die induzierte Aktivität auf die Hälfte in etwa 12 Stunden.

Die Emanation des Radiums verliert also ihre Wirkung langsamer als die des Thoriums, während für die induzierte Aktivität das umgekehrte gilt. Eine detailliertere Prüfung der Radiumemanation soll in einer späteren Arbeit gegeben werden.

Der Effekt der Temperatur auf das Emanationsvermögen des Thoriums und Radiums führt zu dem Schlusse, dass die Emanation wahrscheinlich von einem chemischen Vorgang im Material herrührt. Solange die Temperatur eine gewisse Grenze nicht überschreitet, ist das Emanationsvermögen vermehrt, und bleibt konstant, solange die Temperatur konstant bleibt. Wenn dagegen die Temperatur über einen bestimmten Wert steigt, so wird das Emanationsvermögen grossenteils zerstört und kann nicht wieder hergestellt werden. Die Beobachtung Dorns, dass das Emanationsvermögen in feuchter Luft vermehrt ist, kann auch als Stütze des obigen Schlusses dienen. Wenn die Emanation von einer anderen im Radium oder Thorium vorhandenen Substanz herrührte, so sollte man eine grosse Zunahme der Emanation bei der Temperatur erwarten, wo diese Substanz ausgetrieben wird. Thatsächlich ist der abgegebene Betrag sehr klein, wenn man ihn mit dem durch stetige Erhitzung des Thoriums oder Radiums, unterhalb der zur Zerstörung nötigen Temperatur, erhaltenen vergleicht.

Zum Schlusse spreche ich für freundliche Unterstützung bei den Versuchen Herrn Dr. H. T. Barnes und Frl. H. Brooks meinen Dank aus.

Mc. Gill Universität. Montreal, 15. März 1901.

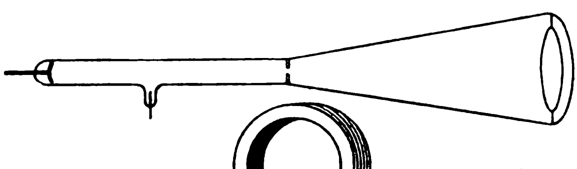
(Aus dem Englischen übersetzt von W. Kaufmann.)

(Eingegangen 31. März 1901.)

Über die Analyse oszillatorischer Entladungen vermittelst der Braunschen Röhre.

Von F. Richarz und W. Ziegler.

In ihrer Abhandlung: „Über ein Universalstativ für Versuche mit der Braunschen Röhre und Zusammenstellung solcher Versuche", diese Zeitschrift **2**, 284—291, 1901, sprechen die Herren H. Th. Simon und M. Reich die Vermutung aus, dass wir bei unserer Analyse von Flaschenentladungen vermittelst der Braunschen Röhre (Mitteilungen des naturwiss. Vereins Greifswald **31**, Sitzung vom 6. Dezember 1899; Ann. d. Physik **1**, 468, 1900) nicht die magnetische, sondern die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen beobachtet hätten. Diese Vermutung ist aber irrig. Veranlasst ist sie, wie ich aus einem freundlichst an mich gerichteten Briefe des Herrn H. Th. Simon ersehe, dadurch, dass wir in unserer, vielleicht etwas zu knapp gehaltenen Beschreibung der Versuchsanordnung erwähnen, die ablenkende Spule habe sich unter der Braunschen Röhre befunden, und die Ablenkungen des Fluoreszenzfleckes seien nach oben und unten erfolgt, während Herr Simon eine solche Richtung der Spulenachse annimmt, bei der die magnetischen Ablenkungen dann in horizontaler Richtung hätten geschehen müssen. Wir hatten die ablenkende Spule der grösseren Freiheit im Apparatenaufbau halber unter die Braunsche Röhre gestellt. Da die Achse des rotierenden Spiegels vertikal stand, die Ablenkungen des Fluoreszenzfleckes also, wie bereits erwähnt, nach oben und unten geschehen sollten, musste der Spule eine Stellung gegeben werden und wurde ihr in der That gegeben — wie folgende Figur sie zeigt:



Dass bei dieser Stellung der Spule die von ihr ausgehenden magnetischen Kraftlinien nicht in denkbar stärkster Weise auf die Kathodenstrahlen wirkten, hatte, wie der Erfolg zeigte, nichts zu sagen: die Ablenkung war auch bei der unökonomischen Ausnutzung der Kraftlinien noch gross genug. In den meisten Fällen blieben wir daher bei der gezeichneten, uns bequemsten Stellung; in anderen Fällen wurde aber auch die Spule neben die Braunsche Röhre gestellt, so bei Versuchen von Herrn stud. Seddig im Greifswalder Physikalischen Institut, die Schwingungskurven zu photographieren. In beiden Stellungen war die beobachtete Ablenkung vertikal gerichtet, wie es die magnetische sein musste. Eine etwaige gleichzeitige elektrostatische Ablenkung war natürlich prinzipiell nicht ausgeschlossen; sie hätte zu Störungen der Schwingungsfiguren Anlass geben können; sie scheint daher, wie die Reinheit der von uns erhaltenen Schwingungsfiguren beweist, thatsächlich nur gering gewesen zu sein.

Der gute Erfolg, den uns bei der Analyse der oszillatorischen Flaschenentladungen die magnetische Ablenkung der Kathodenstrahlen in der Braunschen Röhre darbot, erweckte in mir den Gedanken an die Möglichkeit, vermittelst der Braunschen Röhre auch die Knoten und Bäuche der stehenden Wellen magnetischer Kraft auf dem Lecherschen Drahtsystem und ihre mit den Bäuchen und Knoten der elektrischen Kraft beziehungsweise übereinstimmende Lage demonstrieren zu können. Herr stud. Kiessling stellt gegenwärtig auf meine Veranlassung im Greifswalder Physikalischen Institut dahinzielende Versuche an, mit denen er auch schon in verschiedener Hinsicht Erfolg gehabt hat, insbesondere auch in der Beziehung, dass die Richtung der stattfindenden Ablenkung sie als durch die gesuchte magnetische Kraft hervorgerufen charakterisiert. Letztere ist bei den Drahtwellen bedeutend schwächer als bei den durch Spulen cirkulierenden Flaschenentladungen, giebt aber trotzdem gute Wirkungen. Im Vergleich mit dem von Hertz selbst gelieferten Nachweis der magnetischen Wellen durch die von ihnen erzeugten elektrodynamischen Wirkungen [1]) würde der Nachweis mittels der Braunschen Röhre den Vorteil bieten, direkter, einfacher und anschaulicher zu sein.

1) Wied. Ann. **42**, 412, 1891; Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft (Hertz, Gesammelte Werke II), 1. Aufl. S. 204, 1892.

Marburg, Physikalisches Institut der Universität, im April 1901.

(Eingegangen 9. April 1901.)

Nachtrag zu unserem Aufsatz „Über ein Universalstativ für Versuche mit der Braunschen Röhre und Zusammenstellung solcher Versuche". [1])

Von H. Th. Simon und M. Reich.

Wie uns Herr Richarz freundlichst aufmerksam macht, ist im Abschnitt 11 unseres Aufsatzes, über oszillatorische Entladungen, das Citat 1. F. Braun, Elektrot. Zeitschr. **19**, 204, 1898, ein Versehen, da Herr Braun in dieser Arbeit von einer Verwendung seiner Röhre zum Studium oszillatorischer Entladungen nichts erwähnt.

Überhaupt ist, wie uns nachträglich auffällt, die dort gegebene Übersicht über die einschlägigen früheren Versuche insofern missverständlich, als sie den Wert und den Umfang der schönen und grundlegenden Versuche von Richarz und Ziegler [2]) gegenüber den mehr gelegentlichen Andeutungen der daneben genannten Forscher nicht genügend hervortreten lässt.

1) Vgl. diese Zeitschr. **2**, 284, 1901.
2) Ann. der Physik **1**, 468, 1900

Frankfurt a. M., Laboratorium des Physikalischen Vereins, April 1901.

(Eingegangen 9. April 1901.)

Nochmals die Beobachtungen des Herrn Villari über die Entwickelung von elektrischen Ladungen durch „Röntgenluft".

Von Ernst Dorn.

Ausgehend von den Beobachtungen von Zeleny über das Verhältnis der Geschwindigkeiten positiver und negativer Ionen im elektrischen Felde bei Luft und feuchter Kohlensäure hatte ich die Vermutung ausgesprochen, diese beiden Gase möchten bei der Anordnung von Herrn Villari entgegengesetzte Ladungen ergeben.

Herr Villari [1]) erhielt nun in vergleichenden Versuchen bei zwei Apparaten mit beiden Gasen gleichsinnige Ladungen, die aber bei CO_2 viel schwächer waren. Der dritte Versuch (mit dichtem Messingnetzwerk) gab für CO_2 schwache und schwankende, für Luft starke positive Ladungen.

Inzwischen habe ich bei weiterer Durchsicht der Litteratur gefunden, dass Townsend [2]) für feuchte CO_2, abweichend von Zeleny, die Geschwindigkeit der negativen Ionen ebenso wie bei Luft grösser findet, als die der positiven; es war $V_- / V_+ = 1{,}04$. Das entsprechende Verhältnis ist nach Townsend für trockene Luft 1,54, für feuchte 1,09; Chattock, Walker und Dixon [3]) geben statt dieser beiden letzten Zahlen 1,36 und 1,21.

Aus meiner Auffassung [4]) der von Herrn Villari beobachteten Erscheinungen würde mit Benutzung der zuletzt angeführten Zahlen folgen, dass die Ladungen für feuchte CO_2 gleichsinnig, aber schwächer sein müssten, als für Luft.

Dies entspricht den neueren Beobachtungen von Herrn Villari.

Es mag bemerkt werden, dass für feuchte CO_2 vielleicht das Verhältnis der Ionengeschwindigkeiten von dem Wassergehalt abhängig sein könnte.

Übrigens würde es sich empfehlen, zur Vermeidung anderweitiger Einflüsse [5]) die von der Röntgenluft bestrichenen Apparatteile nur aus einem Metall herzustellen, welche Bedingung bei den ersten beiden Anordnungen von Herrn Villari nicht erfüllt ist.

1) Diese Zeitschr. **2**, 360, 1901.
2) Phil. Transact. 193, 1899.
3) Phil. Mag. (6) **1**, 79, 1901.
4) Diese Zeitschr. **2**, 238, 1901.
5) S. z. B. Winkelmann, Wied. Ann. **66**, 1, 1898.

Halle. 8. April 1901.

(Eingegangen 10. April 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Chemie der extremen Temperaturen.

Von G. Bredig.

(Schluss.)

Fragen wir nun: „In welchem Sinne verschieben sich die chemischen Erscheinungen bei extremen Temperaturverschiebungen?", so giebt uns zunächst die Thermodynamik hierauf folgende Antwort:

Mit steigender Temperatur verschieben sich die Vorgänge in der Richtung, dass sie sich der zwangsweisen Temperaturerhöhung widersetzen, dass also die Vorgänge, welche unter Abkühlung verlaufen, eintreten.

Definieren wir die Gleichgewichtskonstante K einer Reaktion als das Produkt der aktiven Mengen der dabei entstehenden Stoffe, dividiert durch das Produkt der aktiven Mengen der dabei verschwindenden Stoffe, rechnen wir die dabei absorbierte Wärmemenge q (die event. noch eine Temperaturfunktion sein

kann), positiv, so gilt nach van't Hoff[1]) die Gleichung

$$\text{I)} \qquad \frac{d \ln K}{d T} = \frac{q}{2 T^2}.$$

Da also in hohen Temperaturen die Gleichgewichtskonstante K sich zu Gunsten der Beständigkeit der wärmeaufnehmenden Systeme verschiebt, so werden wir bei extrem hohen Temperaturen das freiwillige Auftreten endothermer Stoffe erwarten dürfen.

So sind das Ozon, das Acetylen, das Cyan endotherme Stoffe und thatsächlich bilden sich diese Stoffe auch besonders leicht in sehr hohen Temperaturen, wie z. B. auch im elektrischen Flammenbogen und das Cyan im Hochofen.

Es ist also, wie Ostwald[2]) hervorgehoben hat, durchaus nicht gerechtfertigt, anzunehmen, dass in den extrem hohen Temperaturen der Fixsterne alle Verbindungen in ihre Elemente zerfallen sind, es werden vielmehr dort in jenen unbekannten Welten gerade diejenigen Verbindungen sich gebildet haben und beständig sein, welche unter Wärmeverbrauch entstehen.

Viktor Meyers kühner Plan,[3]) die einatomigen Dämpfe der Elemente durch extrem hohe Temperaturen noch weiter in die Bruchteile von Atomen zu spalten, wäre also nur dann zu verwirklichen, wenn die Atome unter starker Wärmeabsorption in ihre Bestandteile zerfallen. Wir können ganz allgemein sagen, dass nur diejenigen Stoffe in höherer Temperatur höhere Dissoziation zeigen werden, welche bei ihrem Zerfall Wärme verschlucken. Für solche Fälle hat sich bei mittleren Temperaturen die thermodynamische Formel quantitativ bewährt, z. B. an den komplexen Molekeln der Essigsäure, Ameisensäure und von Stickstoffdioxyd und am Zerfall des Phosphorpentachlorid, wie Gibbs, Guldberg, van't Hoff, Boltzmann u. a. gezeigt haben.

Freilich liegen für hohe Temperaturen zum Vergleich nur wenig genaue thermochemische Daten vor, umgekehrt aber hat Boltzmann schon aus der Dichteänderung des Joddampfes zwischen den Temperaturen 600° bis 1500° die Dissoziationswärme des zweiatomigen Jodmoleküls in einatomigen Joddampf annähernd berechnet.

Auch bei anderen Elementen hat man eine solche Spaltung des mehratomigen Moleküls mit steigender Temperatur durch Messung der Dampfdichte[1]) bei verschiedener sehr hoher Temperatur gefunden.

Auch das zweiatomige Brommolekül zeigt oberhalb 1200° einen Zerfall in Atome. Ferner vermindert der Schwefel sein Atomgewicht von S_7 bei 468° bis zur Weissglut bei 1719° bis auf S_2, Phosphor von P_4 auf P_3, Arsen von As_4 auf As_2. Dagegen bleiben andere Elemente, wie Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Chlor und Thallium, bis in die Weissglut hinein konstant zweiatomig, Quecksilberdampf, Zink, Cadmium und wahrscheinlich auch Natrium und Kalium einatomig. Auch für eine Reihe von Verbindungen[2]) wie Jodkalium, Chlorcaesium, Chlorsilber, Chlorthallium, Chlorblei, Indiumchloride, Germaniumchlorid, Uranchlorid u. a. wurde bei Rot- und Weissglut die Dampfdichte bestimmt und normales Molekulargewicht gefunden, dagegen erwies sich Kupferchlorür als bimolekular.

Auch bei Verbindungen ist der Zerfall der Molekularkomplexe in einfachere bis in hohe Weissglut verfolgt worden. So ist z. B. nach Biltz[3]) das Arsentrioxyd bei Rotglut bimolekular, bei Weissglut aber monomolekular. Zerfällt eine Verbindung in ihre Komponenten, so haben wir die Fälle thermischer Dissoziation vor uns, wie sie namentlich beim Amylenbromhydrat, dem Schwefelsäurehydrat, dem Salmiakdampf, dem Jodphosphonium in den klassischen Untersuchungen von Deville und Troost, Bineau, Than und Pebal, Würtz, Cahours u. a. vorliegen.[4]) Auch hier zerfallen exotherme Verbindungen mit steigender Temperatur immer mehr, endotherme aber bilden sich und werden beständiger.

So zerfällt das Wasser bei extrem hohen Temperaturen nach Deville und Troost in Knallgas. Wegen der hierbei unvollständigen Verbrennung erreicht auch die Knallgasflamme nicht den theoretischen aus der Verbrennungswärme berechneten Wert 7850°, sondern ist nur etwa 2700° heiss. Ebenso zerfällt bei Weissglut das exotherme Kohlendioxyd in Kohlenmonoxyd und Sauerstoff[4]), das Schwefeldioxyd in Trioxyd und Schwefel, die Salzsäure in Wasserstoff und Chlor, wie Deville und Troost mit ihrem heisskalten Röhrenofen nachwiesen. Die Verschiebung des chemischen Gleichgewichtes dissoziierbarer Stoffe bei hohen Temperaturen ist auch quantitativ, namentlich von Bodenstein[5]) in einer

1) van't Hoff, Gesetze des chemischen Gleichgewichts, Ostwalds Klassiker 110; Vorlesungen I, 136, 149, 157; Nernst, Theoret. Chemie (2. Aufl.), S. 590—604, 402.

2) Ostwald, Grundr. d. allgem. Chemie (3. Aufl.), S. 343.

3) V. Meyer, Probleme der Atomistik; Naturforscherversammlung, Lübeck 1895.

1) Ostwald, Lehrb. d. allgem. Chemie (2. Aufl.) I, 180—190.

2) Windisch, Die Bestimmung des Molekulargewichts, S. 252—369, Berlin 1892.

3) Biltz, Zeitschr. f. physik. Chemie 19, 385, 1896.

4) Nernst, Theor. Chemie (2. Aufl.), S. 416.

5) Bodenstein, Zeitschr. f. physik. Chemie 29, 295. 429, 1899.

ausgedehnten Untersuchung am Jodwasserstoff und Selenwasserstoff bis etwa 520° mit Erfolg untersucht worden. Besonders wichtig ist für die industrielle Feuerungstechnik mit Wassergas das Gleichgewicht zwischen Kohle und Wasserdampf unter Bildung von Kohlenoxyd, Kohlensäure und Wasserstoff. Bei Temperaturen über 1000° wiegt die Stufe der Kohlenoxydbildung bei niederer die der Kohlensäurebildung[1]) vor. In neuerer Zeit hat Boudouard[2]) gezeigt, wie sich im Sinne der Thermodynamik der exotherme Zerfall des Kohlenoxyds in Kohle und Kohlendioxyd mit steigender Temperatur zwischen 500° und 1000° vermindert.

Eine interessante Erscheinung bei hohen Temperaturen ist das Lösungsvermögen der Metalle für Gase. Das Spratzen des erstarrenden Silbers unter Sauerstoffabgabe ist allbekannt, ebenso die Sauerstoffabsorption durch glühendes Platin und seine Durchlässigkeit für gewisse Gase, besonders für Wasserstoff. Die Löslichkeit des Kohlenstoffes im Eisen bei hohen Temperaturen ist für die Metallurgie äusserst wichtig, sie wurde beiläufig von Moissan dazu benutzt, um durch Auskrystallisieren von Kohlenstoff unter hohem Druck künstlich Diamant herzustellen. Die chemische Gleichgewichtslehre hat sich bereits der Metallurgie des Eisens und des Stahles bemächtigt. So sprachen van't Hoff und Le Chatelier[3]) den Gedanken aus, dass die Legierungen von Eisen und Kohle zum Teil als feste Lösungen aufgefasst werden müssen und dass auch hier allotrope Umwandlungen und Überkaltungen metastabiler Verbindungen stattfinden, wie schon die den Metallurgen wohlbekannte Erscheinung der Selbsterhitzung eines frisch geglühten Stahlbarrens beweist. Hier haben bereits Le Chatelier und Roozeboom begonnen, auf das von Roberts-Austen, Osmond, Guillaume und anderen gesammelte experimentelle Material über Kohlenstahl, Nickelstahl und andere Legierungen die Phasenregel auch bei hohen Temperaturen anzuwenden. An die Kohlenstoffverbindungen des Eisens sei hier noch die stattliche Reihe der Karbide und Silicide angeschlossen, deren ausführliche Untersuchung und Herstellung im elektrischen Ofen wir Moissan[4]) verdanken. Technisch wichtig ist die bekannte Darstellung von Calciumkarbid und Carborundum. Auch die Bildung der Metallnitride bei hoher Temperatur sei hier erwähnt, zumal diese Bildungsweise von Lithiumnitrid und Magnesiumnitrid von Ramsay[1]) zur Absorption des Stickstoffs aus Argongemischen benutzt und die Anwendung solcher Nitride, wie die des Bors, ausserdem gelegentlich zur Gewinnung von Ammoniak aus atmosphärischem Stickstoff vorgeschlagen wurde.

Eine besonders wichtige Ausdehnung auf hohe Temperaturen steht der chemischen Gleichgewichtslehre, sowohl der Theorie der Lösungen wie der Phasenregel nach van Bemmelen[2]) noch in der Geologie und Mineralsynthese bevor. Wenn wir bedenken, dass man bereits synthetisch und in bestimmten Reihenfolgen aus Silikatschmelzen Olivine, Pyroxene, Feldspate, Glimmer und Spinelle erhalten hat[3]), so liegt der Wunsch nahe, hier nicht nur die präparativen Methoden, sondern auch die Lehre vom chemischen Gleichgewicht bei hohen Temperaturen auf das Magma der Gesteine und die Silikatschmelzen anzuwenden, etwa so wie zur Zeit van't Hoff[4]) ein anderes geologisches System, den Ozean und seine Bodenkörper, die Stassfurter Salze, mit Erfolg untersucht. Besonders interessant wird hier auch die Frage nach dem Zustande der Stoffe in der Schmelzlösung sein und nach den eventuellen Ionen, welche sie darin bilden.[5])

Erst vor kurzem ist es Gordon[6]) gelungen, Konzentrationsketten von Silbernitrat in einer Kaliumnatriumnitratschmelze zu messen und Lorenz[7]) und seine Schüler haben die freie Bildungsenergie geschmolzener Salze in galvanischen Ketten bis zu 1100°, Poincaré[8]) Graetz, Schultze u. a. deren elektrische Leitfähigkeit gemessen. Bekanntlich werden bei hohen Temperaturen sehr viele Stoffe, welche wie das Glas in der Kälte nahezu Nichtleiter sind, zu gut leitenden Elektrolyten. So besteht z. B. auch der Glühkörper der Nernstlampen aus einem Ge-

1) Ost, l. c., S. 23.
2) Boudouard, Compt. rend. **130**, 132, 1900.
3) van't Hoff, Zeitschr. f. physik. Chemie **5**, 326, 1890; Bakhuis-Roozeboom, ibid. **34**, 438, 1900; Derselbe, Bedeutung der Phasenregel, S. 25.
4) Moissan, Der elektrische Ofen (deutsch von Zettel) mit Nachträgen; Haber, Grundriss d. techn. Elektrochemie, S. 379; Borchers, Zeitschr. f. Elektrochemie **3**, 189, 213, 239, 260, 533; Nernst, ibid. **7**, 253, 1900.

1) Ostwald, Grundlinien der anorgan. Chem., 440—441; Erdmann, Lehrbuch der anorganischen Chemie (1. Aufl.), S. 161, 233.
2) Bakhuis-Roozeboom, Bedeutung der Phasenregel, S. 27.
3) Brauns, Chemische Mineralogie, S. 238 u. f., besonders S. 244.
4) van't Hoff und Meyerhoffer, Zeitschr. f. physik. Chemie **27**, 75, 1898; **30**, 64, 1899.
5) Nernst, Zeitschrift für Elektrochemie **6**, 41, 1899; Garrard, ibid. **6**, 214.
6) Gordon, Zeitschr. f. physik. Chem. **28**, 302, 1899.
7) Lorenz, Zeitschr. f. Elektrochemie **7**, 277, 1900; Zeitschr. für anorgan. Chemie **23**, 97, 1900; Helfenstein, ibid. **23**, 255, 1900; Weber, ibid. **21**, 305, 1899.
8) Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie **II**, (1) (2. Aufl.), 710—718; Schultze, Zeitschr. f. anorgan. Chem. **20**, 333, 1899.

menge gewisser Erden, welche, durch den elektrischen Strom auf Weissglut gebracht, zu Leitern zweiter Klasse werden.[1]) Besonders von Lorenz wurde auf die ungeheuer schnelle Depolarisation der feuerflüssigen Elektrolyse durch Diffusion hingewiesen. Auch die Gase werden bei sehr hohen Temperaturen zu Leitern und die schönen Arbeiten von Thomson, Arrhenius und anderen wollen auch bei den glühenden Gasen der Flammen und den elektrischen Entladungen eine Leitung durch Ionen beweisen.[2])

Ebenso ist das Verhalten der Leiter erster Klasse in extrem hohen Temperaturen ein interessantes Problem. Bekanntlich wächst bei den Metallen der elektrische Widerstand mit der Temperatur. Es muss folglich ein allerdings extrem hohes Temperaturgebiet geben, wo die Metalle die Eigenschaften der Dielektrika annehmen. Dem gasförmigen Zustand am nächsten ist von allen Metallen das Quecksilber, dessen Dampf bekanntlich ein Dielektrikum ist. Es wäre interessant, in welcher Weise sich die Leitfähigkeit des Quecksilbers in der Nähe seiner kritischen Temperatur ändert, wo man stetig aus dem metallisch leitenden flüssigen Zustande in den dielektrischen gasförmigen Zustand übergehen kann.[3]) Ferner zeigen gewisse Färbungen von Gläsern (Rubinglas) und Schmelzflüssen, dass die Metalle bei hohen Temperaturen leicht den colloidalen Zustand annehmen.[4])

Schliesslich wollen wir noch einen kurzen Blick auf die organische Chemie der hohen Temperaturen werfen, auf die Umlagerungen, Platzwechsel und Polymerisationen, auf die Racemisierung optisch aktiver Substanzen[5]) beim Erhitzen, auf die Polymerisationen ungesättigter Kohlenwasserstoffe, auf die Bildung von Diphenyl aus Benzol, von Benzol, Styrol aus Acetylen in glühenden Röhren, auf die Petroleumbildung aus Acetylen oder tierischen Fetten nach Moissan oder Engler,[6]) sowie auf die gesamte Chemie der trockenen Destillation.[7])

Bisher haben wir uns nur mit der Frage beschäftigt, was geschieht bei extrem hohen Temperaturen? Wir wenden uns nun zu der Frage, wie verschiebt sich die Geschwindigkeitskonstante k der chemischen Vorgänge mit der Temperatur? Auch hier hat van't Hoff[1]) das Fundamentalgesetz II entwickelt und zwar so, dass es auch dem Grenzfall des Gleichgewichtes genügt. Ist T die absolute Temperatur, so ist nach van't Hoff allgemein:

$$\frac{d \ln k}{d T} = \frac{A}{T^2} + \frac{B}{T} + C, \qquad \text{II}$$

wo A, B und C Konstanten sind. Häufig erwiesen sich z. B. in Versuchen von Arrhenius die Konstanten B und C gleich Null. van't Hoffs Temperaturfunktion der Geschwindigkeit ist namentlich in den schönen Versuchen von Kooy und Bodenstein[2]) über Phosphorwasserstoff und Jodwasserstoff zwischen 300° und 500° quantitativ bestätigt worden. Alle diese Versuche sind bei konstanter Temperatur gemacht. Wie gestaltet sich aber die Geschwindigkeit, wenn man die entwickelte Reaktionswärme nicht mit unendlich grosser Geschwindigkeit ableitet und daher die Temperatur nicht konstant halten kann? Diese Aufgabe führte van't Hoff[3]) zum Problem der Entzündungs- und Explosionserscheinungen. Sobald nämlich die durch das System pro Zeiteinheit entwickelte Wärmemenge grösser wird als die in derselben Zeit durch Leitung und Strahlung an die Umgebung abgeleitete Wärme, so muss sich die Reaktionsgeschwindigkeit immer mehr steigern und es kann so schliesslich Explosion und Entzündung eintreten. Man sieht, welch fundamentale Wichtigkeit diese Betrachtungen für eine theoretische Behandlung der Flammen- und Sprengstoffchemie besitzen. Freilich liegen hierfür nur erste rechnerische und experimentelle Ansätze von Bunsen, Le Chatelier, Hoitsema, Berthelot und Vieille und Dixon vor. Am einfachsten würde sich hier noch die Fundamentalaufgabe einer adiabatischen Reaktionsgeschwindigkeit gestalten.

Wir wenden uns jetzt zum Gebiete der tiefen Temperaturen. Schon im Jahre 1784 stellte Lavoisier Betrachtungen über die Verflüssigung der Atmosphäre bei Erkaltung der Erde an. Heute nach einem Säkulum ist es Männern wie Cailletet, Pictet, Linde, Hampson, Wroblewski, Olszewski und Dewar gelungen, die Luft und alle bisher als permanent geltenden Gase oft sogar in grossen Mengen und zu technischen Zwecken zu ver-

1) Nernst und Wilde, Zeitschr. für Elektrochemie **7**, 373, 1900; Nernst, ibid. **6**, 41, 1899.

2) J. J. Thomson, Die Entladung der Elektrizität durch Gase (deutsch von H. Ebert) Leipzig 1900; Vgl. auch Naturw. Rundschau, 1897—1900, J. J. Thomson, Rutherford, Wilson; Arrhenius, Wied. Ann. **42**, 18, 1891; Marx, Ann. d. Physik **2**, 768, 798, 1900.

3) Eine Untersuchung in dieser Richtung ist vom Verf. geplant.

4) Förster, Zeitschr. f. Elektrochem. **4**, 547; Lorenz, ibid. **7**, 280.

5) van't Hoff, Lagerung der Atome im Raume (2. Aufl.), S. 31.

6) Holleman, Lehrb. der organ. Chemie S. 145, 299, 384, 47.

7) Ost, l. c., S. 252 u. f.; F. Haber, Experimentaluntersuch. über Zersetz. und Verbrenng. von Kohlenwasserstoff, Karlsruhe 1896. Ipatiew, Ber. d. d. chem. Ges **34**, 596, 1901.

1) van't Hoff, Vorlesungen **I**, 230.

2) Kooy, Zeitschr. f. physik. Chemie **12**, 155, 1893; Bodenstein, ibid. **29**, 295, 1899.

3) van't Hoff, Vorlesungen **I**, 231, 240.

flüssigen.[1]) Freilich war hierzu eine Kette wissenschaftlicher und technischer Entwickelung, vor allem die Entwickelung der Begriffe der kritischen Temperatur und des kritischen Druckes durch Faraday, Andrews und andere nötig. Es ist hier nicht der Ort, die Verflüssigung jedes einzelnen Gases zu beschreiben, erwähnt sei allenfalls, dass gerade durch fraktionierte Destillation der flüssigen Luft die neuen Elemente Neon, Krypton und Xenon von Ramsay[2]) erhalten worden sind, und man den Sauerstoff der Luft konzentrieren kann.[3]) Nur einige Siedepunkte seien in Celsiusgraden[4]) angegeben.

Schwefeldioxyd —8⁰, Cyan —21⁰, Ammoniak —33⁰7, Chlorwasserstoff —35⁰, Chlor —36⁰6, Arsenwasserstoff —55⁰, Schwefelwasserstoff —62⁰, Kohlendioxyd —78⁰, Phosphorwasserstoff —85⁰, Stickoxydul —88⁰, Äthylen —102⁰5, Xenon —109⁰1, Ozon —125⁰, Krypton —151⁰7, Stickoxyd —154⁰, Methan —164⁰, Sauerstoff —182⁰5, Fluor —187⁰, Argon —186⁰1, Kohlenoxyd —190⁰, Stickstoff —194⁰5, Wasserstoff —252⁰. Helium, das letzte der permanenten Gase, siedet nach Dewar nahe beim Siedepunkte des Wasserstoffes.[5]) Dewar hat den Wasserstoff nicht nur verflüssigt, sondern auch zu einer weissen Masse erstarren lassen, die übrigens wider Erwarten nicht metallisch ist. Diese Temperatur, die durch unter vermindertem Drucke siedenden Wasserstoff erreicht wurde, liegt bei —257⁰, also nur noch 16⁰ über dem absoluten Nullpunkt.

Auch Helium ist in neuester Zeit von Dewar durch Abkühlung in festem Wasserstoff zum Erstarren gebracht worden.[5]) Von anderen Schmelzpunkten seien in Celsiusgraden genannt[6]): Cyan —34⁰4, Quecksilber —38⁰80, Ammoniak —78⁰8, Chloroform —71⁰, Schwefeldioxyd —76⁰, Schwefelwasserstoff —85⁰, Toluol —102⁰0, Chlor —102⁰, Methylformiat —107⁰5, Schwefelkohlenstoff —112⁰8, Chlorwasserstoff —116⁰, Äthyläther —117⁰6, Stickoxydul —115⁰, Arsenwasserstoff —119⁰, Bromäthyl —125⁰5, Äthylalkohol —130⁰, Phosphorwasserstoff —133⁰, Stickoxyd —167⁰, Äthylen —169⁰, Methan —185⁰, Argon —189⁰6, Kohlenmonoxyd —207⁰, Stickstoff —214⁰.

Manche Stoffe vergrössern mit sinkender Temperatur ihre innere Reibung derartig, dass sie glasartig amorph oder gallertförmig werden.[1]) Auch die elektrische Leitfähigkeit von 24% Salzsäure[2]) nimmt nach Dorn von 0⁰ bis —82⁰ auf den 35. Teil ab. Dagegen nimmt nach Abegg und Seitz die Dielektrizitätskonstante[1]) der Alkohole bis —100⁰ stark zu.

Aus der van't Hoffschen Formel I für das Gleichgewicht ergiebt sich, dass bei tiefen Temperaturen das Gleichgewicht zu Gunsten der exothermen Stoffe und Systeme verschoben ist. Endotherme Stoffe, wie das Ozon, werden also mit sinkender Temperatur immer instabiler. Man kann hier den Einwand machen, warum wir dann gerade bei tiefen Temperaturen das Ozon so reichlich sogar als tiefblaue Flüssigkeit erhalten können. Aber die bekannte grosse Explodierbarkeit[3]) des Ozons bei tiefen Temperaturen giebt uns sofort die Antwort. Das flüssige Ozon ist eben bei tiefen Temperaturen gar nicht im Gleichgewicht, sondern nach einem ganz allgemeinen Rezepte zur Darstellung sich sonst schnell zersetzender instabiler Stoffe nur in einem gleichsam abgeschreckten, überraschten, instabilen Zustande. Wir haben eben das Ozon nur von höherer Temperatur mit grosser Zersetzungsgeschwindigkeit schnell auf tiefe Temperatur mit einer nach Gleichung II sehr klein werdenden Geschwindigkeit gebracht, so dass es gar keine Zeit fand, sich in den der Kälte entsprechenden exothermen Gleichgewichtszustand zu begeben, d. h. sich zu zersetzen, was aber in der That doch sofort unter heftiger Wärmeentwickelung und Explosion geschieht, sobald ein die Reaktionsgeschwindigkeit beschleunigender Umstand, Zusatz eines Katalysators oder eine lokale Erhitzung, eintritt.

Aus der van't Hoffschen Temperaturfunktion II der Geschwindigkeit ist ersichtlich, dass Reaktionen, die bei Zimmertemperatur noch recht lebhaft verlaufen, bei sehr tiefen Temperaturen nur so langsam gehen können, dass sie überhaupt kaum[4]) merklich sind. So wirken flüssiges Ammoniak und konzentrierte Schwefelsäure bei tiefen Temperaturen kaum merklich aufeinander ein und reagiert nach Pictet metallisches Natrium bei —80⁰ nicht

1) Hardin, l. c.; Travers, Phil. Mag. (6) **1**, 411, 1901.
2) Ramsay und Travers, Zeitschr. f. physik. Chemie **35**, 634, 1900.
3) Linde, Zeitschr. f. Elektrochem. **4**, 2, 1897; Winkelmanns Handb. d. Physik **II**, 2, 466—470.
4) Ramsay und Travers, l. c.; Hardin, l. c., S. 168; Guillaume et Poincaré, Rapports prés. au Congrès internat. de Physique, Paris 1900, Chappuis, **I**, 146—147.
5) Hardin, l. c., S. 166, 115, 116; Dewar, Chemisch. Centralblatt **1898**, **II**, 83, 259; **1899**, **I**, 819, 820, 916, **II**, 747.
6) Holborn und Wien, Wied. Ann. **59**, 226, 1896; Hardin, l. c., S. 168; Chappuis, l. c.; Holleman, Lehrbuch der anorgan. Chemie; Altschul und v. Schneider, Zeitschr. f. physikal. Chemie, **16**, 24, 1895; v. Schneider, ibid. **19**, 155, 1896; **22**, 225, 1897; Ladenburg und Krügel, Ber. d. d. chem. Ges. **32**, 1818, 1899; **33**, 637, 1900.

1) Hardin, l. c., S. 128, 162; Abegg und Seitz, Zeitschrift f. physik. Chemie **29**, 244, 1899; v. Schneider, ibid. **22**, 233, 1897.
2) Dorn, Wied. Ann. **60**, 468, 1897; van't Hoff, Vorlesungen **I**, 178; Naturwiss. Rundschau **13**, 652, 1898.
3) Hardin, l. c., S. 117; Ostwald, Grundlinien der anorgan. Chemie, S. 83.
4) van't Hoff, Vorlesungen I, S. 232.

mehr erheblich auf 15% Salzsäure. Indessen hat hier Dorn gezeigt, dass aus der Wirkung von Natrium auf Salzsäure bei —80° in einer galvanischen Kette noch ein sehr erheblicher Arbeitsbetrag gewinnbar ist, die Einwirkung des Natriums auf Salzsäure ist also auch bei —80° nach dem Energieprinzip[1]) wegen ihrer Arbeitsfähigkeit noch möglich und geschieht nur wegen der tiefen Temperatur mit sehr geringer, fast unmerklicher Geschwindigkeit.

Knallgas bildet schon bei Zimmertemperatur, im Gegensatz zu höheren Temperaturen, einen ebensolchen Fall von scheinbarem Gleichgewicht, das in Wahrheit kein Gleichgewicht ist, wie schon die arbeitliefernde Gaskette[2]) und die katalytische Platinwirkung[3]) beweist. Das Fluor, das sonst Glas heftig angreift, wirkt bei tiefen Temperaturen von etwa — 190° nur so äusserst langsam auf dasselbe ein, dass das Fluor in dieser Kälte von Moissan und Dewar in Glasgefässen verflüssigt[4]) werden konnte. Indessen giebt es auch Reaktionen, die selbst bei tiefen Temperaturen sehr schnell verlaufen, wie z. B. zwischen Fluor und Wasserstoff[5]). Auch photographische Platten sind bei —180° noch lichtempfindlich.

Fassen wir nun kurz die charakteristischen Unterschiede der extrem hohen und der extrem niedrigen Temperaturen zusammen, so ergiebt sich für den Chemiker folgender Gesichtspunkt:

Bei hohen Temperaturen Vorwiegen der endothermen, bei tiefen Temperaturen Vorwiegen der exothermen und Instabilität vieler endothermen Systeme. Die Reaktionsgeschwindigkeiten erleiden mit sinkender Temperatur eine sehr grosse Verzögerung, die relativ um so grösser ist, je tiefer die Temperatur liegt, weshalb bei tiefen Temperaturen gerade viele instabile Verbindungen und Systeme scheinbar beständig sind.

Zum Schlusse sei noch die Frage beantwortet, wie sich denn die Organismen zu dem beständigen Sinken der Temperatur auf Erden stellen werden: Ein französischer Forscher, Quinton,[1]) hat gezeigt, dass in den früheren heisseren Perioden der Erde diejenigen Tierarten vorherrschten, welche wenig oder gar keine Wärme entwickelten, während mit zunehmender Abkühlung der Erde die Tierarten mit stärkerer positiver Wärmeentwickelung in den Vordergrund treten. Hier besitzen wir also auch in den Evolutionserscheinungen der Lebewesen meines Erachtens ein Analogon zu der thermodynamischen exothermen Gleichgewichtsverschiebung chemischer Vorgänge mit sinkender Temperatur. Die Maxwellschen Dämonen zur Vernichtung des zweiten Hauptsatzes[2]) sind also trotz des Neovitalismus in den Lebewesen wohl nicht vorhanden.

Ferner haben Abkühlungsversuche von gewissen Organismen und Fermenten auf die Temperatur der flüssigen Luft gezeigt, dass dieselben selbst bei ungefähr —200° ihre Lebensfähigkeit und Wirksamkeit nicht gänzlich einbüssen. So soll es also nach Lord Kelvin[3]) wohl möglich sein, dass trotz der tiefen Temperatur des Weltraumes die ersten Keime organischen Lebens aus fernen Welten durch die Meteorkörper zu uns getragen worden sind.

1) Dorn, Wied. Ann. **60**, 468, 1897; van't Hoff, Vorlesungen I, 178; Naturw. Rundschau **13**, 652, 1898.
2) Vgl. Ostwalds Klassiker No. 110, S. 98—102.
3) Ostwald, Grundlin. d. anorgan. Chem., S. 108—110.
4) Hardin, l. c., S. 160.
5) Hardin, l. c., S. 179.

1) Zeitschr. f. physikal. Chemie **20**, 470, 1896 (Ref.).
2) Maxwell, Theorie der Wärme (deutsch v. Neesen), S. 374.
3) Hardin, l. c., S. 176; Oppenheimer, Die Fermente, Leipzig 1900, S. 39, 257.

(Eingegangen 20. März 1901.)

REFERATE.

Elektrotechnik.
Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Kabel-Telegraphie und -Telephonie, System Pupin.

Bald nach Legung des ersten transatlantischen Kabels vor etwa 50 Jahren machte Sir William Thomson darauf aufmerksam, dass es wegen der grossen Kapazität eines Kabels eine gewisse Schnelligkeitsgrenze in der Übermittelung telegraphischer Zeichen geben würde.

Diese Prophezeiung hat sich erfüllt, denn trotz aller Fortschritte und Verbesserungen auf dem Gebiete der Landtelegraphie war es bis vor kurzem noch nicht möglich, durch ein transatlantisches Kabel mehr als fünf Stromimpulse innerhalb einer Sekunde zu senden.

Noch grösser sind die Schwierigkeiten, welche sich einer Kabeltelephonie auf grössere Entfernungen bisher entgegenstellten.

Bei dem Sprechen durch längere Kabel macht sich nämlich der Übelstand geltend, dass die Klangfarbe in bedeutend höherem Grade

verzerrt wird, als beim Sprechen auf einer offenen Luftlinie.

Bei der Fortpflanzung von elektrischen Wellen in Kabelleitungen werden jene sowohl bezügl. ihrer Amplitude als auch ihrer Phase beeinflusst. Diese Änderung hängt von der Höhe des zu übertragenden Tones ab.

Also abgesehen davon, dass die einzelnen einfach harmonischen Wellen eines Lautes der menschlichen Sprache bei der Durchwanderung eines Telephonkabels in verschiedener Weise geschwächt werden, insofern die Schwächung mit der Schwingungszahl zunimmt, macht sich auch der Einfluss der Phasenverschiebung in der Weise geltend, dass die Begrenzung unmittelbar aufeinander folgender Laute dadurch verwischt wird, dass die höheren Partialtöne des neuen Klanges mit den langsam wirkenden tiefen des vorhergehenden Klanges zusammentreffen.

Diese Verzögerung und Verzerrung der menschlichen Sprache machte bisher eine Kabeltelephonie auf sehr grosse Entfernungen unmöglich.

Nach zahlreichen von Prof. M. J. Pupin im elektrotechnischen Laboratorium der Columbia-Universität angestellten Versuchen soll es nun möglich sein, bei einer besonderen Anordnung der Leitung einen grösseren Nutzeffekt bei der Übertragung elektrischer Energie zu erzielen als bisher und damit die grösste Schwierigkeit zu überwinden, die bisher der Kabelschnelltelegraphie und der Kabeltelephonie entgegenstanden.

Bei seinen Experimenten benutzt Pupin einen nach seiner Methode hergestellten, sogenannten „ungleichförmigen" Leiter.

Da bekanntlich bei der Übertragung einer bestimmten Energiemenge über eine Leitung die Zerstreuung der Wellenenergie durch Vergrösserung der Selbstinduktion vermindert wird, so hatte bereits früher der englische Physiker Oliver Heaviside den Vorschlag gemacht, durch Einschaltung von Selbstinduktionsspulen die Wirkungsweise zu verbessern.

Allein die Planlosigkeit der früheren Versuche führte zu keinem günstigen Resultate.

Prof. Pupin hat nun an der Hand mathematischer Betrachtungen dargethan, dass die störenden Wirkungen der Kapazität eines Kabels durch in gewissen gleichmässigen Abständen in den Leitungsweg eingeschaltete, geeignet konstruierte Selbstinduktionsspulen grösstenteils kompensiert werden können. Je weiter die Unterteilung der Selbstinduktion getrieben wird, um so höher wird der Nutzeffekt; bald gelangt man jedoch zu einem Punkt, wo eine weitere Unterteilung praktisch keinen Vorteil mehr bringt.

Sind die übertragenen Wellen komplizierter Natur, wie z. B. bei der menschlichen Sprache, so genügt es, die günstigsten Bedingungen für die kürzesten Wellen herzustellen, die Bedingungen für die tieferen Töne sind dann von selbst erfüllt.

In dem zu der Patentbeschreibung gewählten Beispiel wird die kürzeste Wellenlänge zu zwei engl. Meilen angenommen.

Nach Pupins Berechnungen sind die Bedingungen am annäherndsten dann erfüllt, wenn die Selbstinduktionsspulen in Entfernungen, die etwa einem Sechzehntel der kürzesten bei der Übertragung in Betracht kommenden Wellenlänge entsprechen, in die Leitung eingeschaltet werden. Unter der obigen Annahme kämen daher acht kleine Selbstinduktionsspulen Pupinscher Konstruktion (ca. 0,125 Ω) auf eine englische Meile.

Die mit einem künstlichen Kabel, entsprechend 250 engl. Meilen natürlichen Kabels, angestellten Versuche bestätigten die Richtigkeit der Pupinschen Theorie. Bei demselben waren die Selbstinduktionsspulen in einer Meile entsprechenden Entfernungen verteilt.

Während der Kurzschliessung der Pupinschen Spulen nur der $\frac{1}{250000}$ Teil der von der Sendestation abgegebenen Energie übertragen wurde, erreichten im Falle der Einschaltung der Spulen ca. $2\frac{1}{2}\%$ das Empfangsende des Kabels.

Das „ungleichförmige" Kabel gestattete also mehr als 6000 mal so viel Strom zu übertragen, als das gleichförmige.

Ein ähnlicher Unterschied zeigte sich bei der telephonischen Übertragung. Hier kommt noch in Betracht, dass infolge der höheren Selbstinduktion für alle verschiedenartigen Frequenzen eine nahezu gleichmässige Dämpfung herbeigeführt wird, so dass die Gesprächsübertragung bedeutend weniger unter einer Verzerrung zu leiden hat.

Während bei dem gleichförmigen Kabel eine Verständigung auf 112 englische Meilen unmöglich war, war die Übertragung auf 250 Meilen des ungleichförmigen Leiters geradezu überraschend deutlich. Die Stimme behielt ihre Klangfarbe und klang wie aus unmittelbarer Nähe.

Wenn die Ergebnisse der mit dem neuen von der American Telephone and Telegraph Company gegen eine enorme Abfindungssumme übernommenen System angestellten Versuche in der Praxis sich bestätigen, so scheint die Zeit transkontinentaler Telephonie nicht mehr fern.

Aber auch der Kabeltelegraphie dürfte die Pupinsche Methode grosse Vorteile gewähren.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 9. März 1901.)

W. Duddell, Über schnelle Stromveränderungen in einem Gleichstrom-Flammenbogen. The Electrician **46**, 269—273 und 310—313 (14. u. 21. Dezember 1900).

(Schluss.)

II. Stromveränderungen, veranlasst durch Vorgänge im Flammenbogen selbst.

1. Das Summen.

Trotter[1]) fand, dass der summende Gleichstrom-Flammenbogen rotiert und dass dadurch Stromintensitäts-Schwankungen hervorgerufen werden, deren Frequenz mit der Tonhöhe des Summens und mit der Umdrehungszahl des Flammenbogens übereinstimmt.

Duddell untersuchte die Abhängigkeit zwischen der Veränderung der Lichtintensität, Potentialdifferenz und Stromstärke mittelst Oszillographen, indem er die Spiegel desselben durch das von dem positiven Krater einer summenden Bogenlampe ausgehende Licht beleuchtete. Die Helligkeit der erhaltenen Kurven entspricht also der Lichtintensität,[2]) der Abstand der Kurven von der Nulllinie dem jeweiligen Wert der Potentialdifferenz oder Stromstärke.

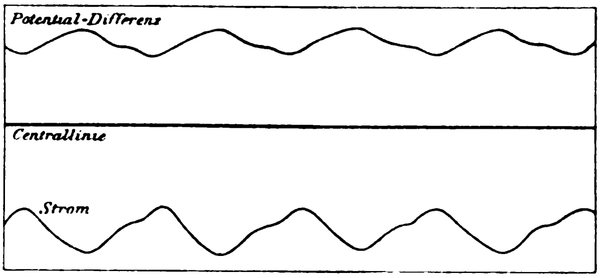


Fig. 5.

Ein typisches Beispiel zeigt Fig. 5, woraus hervorgeht, dass sich Potential-Differenz, Lichtintensität und Stromstärke streng periodisch mit der der Tonhöhe des summenden Flammenbogens entsprechenden Frequenz verändern.

2. Das Zischen.

Beim zischenden Gleichstrom-Flammenbogen variiert die Stromstärke und die Potentialdifferenz äusserst rasch, Blondel[3]) und Brown[4]) haben auch gefunden, dass die Lichtintensität schwankt.

Wenn man die Stromstärke eines summenden Flammenbogens so weit erhöht, dass er zischt, werden die periodischen Schwankungen

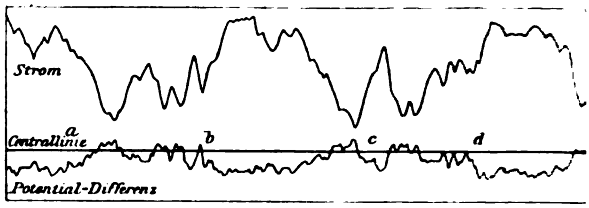


Fig. 6.

sehr unregelmässig, wie aus Fig. 6 und 7 zu ersehen ist.

Duddell denkt sich die unregelmässigen Schwankungen zerlegt in eine langsame verlaufende mit grosser Amplitude und eine superponierte rasch verlaufende. Das ausgesandte Licht ist abwechselnd hell, mit raschen Schwankungen (*a . . . b*, Fig. 6), und dunkel, fast ohne Schwankungen (*b . . . c*). Während die schnellen Veränderungen der Potentialdifferenz und der Stromstärke mit dem schnellen Wechsel des vom

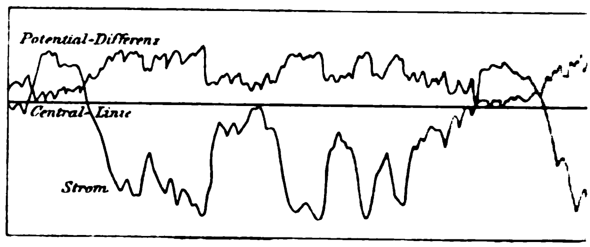


Fig. 7.

positiven Krater ausgestrahlten Lichtes zusammenfallen, rühren die langsam verlaufenden Schwankungen von der Rotation des zischenden Flammenbogens her.

Lichtmaximum und Minimum der Potentialdifferenz treten fast gleichzeitig ein, während das Strommaximum dem Lichtmaximum nacheilt. Bei den in Teil I betrachteten Fällen, wo die Stromoszillationen durch Änderungen im Stromkreise hervorgerufen werden, tritt das Strommaximum vor dem Lichtmaximum ein.

Das Tönen eines sehr kurzen Bogens.

Ein sehr kurzer Flammenbogen giebt oft einen schrillen pfeifenden Ton von sich. Fig. 8 zeigt die entsprechende Kurve.

Stromstärke und Potentialdifferenz variieren zwischen 22,5 A. und 24 V. und 28 A. und 9,5 V.

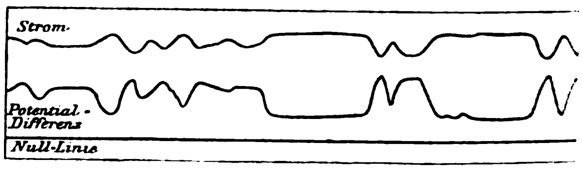


Fig. 8

1) The Electrician **33**, 298, 1894.

2) Aus der folgenden Reproduktion ist nur der Verlauf der Kurven, nicht aber die jeweilige Lichtintensität zu ersehen, da die verschiedene Stärke der photographischen Kurven nicht zum Ausdruck kommt. E. R.

3) La Lumière Électrique **43**, 54, 1892.

4) Physical Review **7**, 210, 1898.

Die letzteren Werte entsprechen einem durch einen schlechten Kontakt, etwa ein losgelöstes Kohlenstück, kurzgeschlossenen Lichtbogen.

Das Pfeifen ist wahrscheinlich auf das Wechseln von Kurzschluss und Wiederaufleuchten des Lichtbogens zurückzuführen.

Das Tönen eines sehr langen Bogens.

Diese Töne, die durch Frau Ayrton[1]) bemerkt wurden, sind jedenfalls der ausserordentlichen Empfindlichkeit langer Flammenbogen auf die geringsten Stromschwankungen zuzuschreiben — kommen also hier nicht in Betracht.

Intermittierende Bogen.

Wird ein Flammenbogen durch einen Luftstrom oder auf magnetischem Wege ausgeblasen, so leuchtet er oftmals wieder allein auf; wird das Auslöschen fortgesetzt, so folgen Auslöschung und Wiedereinsetzen des Bogens so rasch aufeinander, dass ein scharfer Ton entsteht. Blondel[2]) hat die Periode zu 3000—4000 pro Sek. im Falle eines Wechselstrombogens angegeben, Abraham hat 100000 für den Fall der Flammenentladung gefunden.

Musikalischer Bogen.

Ein Gleichstrom-Flammenbogen zwischen homogenen Kohlen tönt, falls sich im Nebenschluss zu ihm eine in Serie geschaltete Kapazität C und Selbstinduktion L befindet (vgl. Fig. 9).

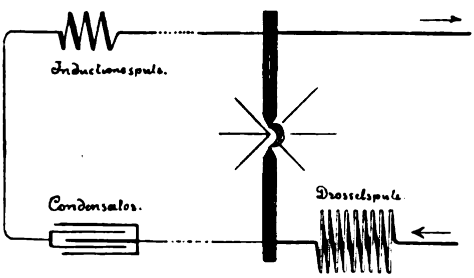


Fig. 9.

Das Tönen wird durch Eigenschwingungen des aus Selbstinduktion, Kapazität und Flammenbogen gebildeten Stromkreises hervorgerufen. Die Tonhöhe wird bestimmt durch die Zeitperiode: $t = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$, falls der Widerstand vernachlässigt werden kann. Der Flammenbogen selbst bildet hier den Umformer, der einen Teil des Speisegleichstroms in Wechselstrom verwandelt.

Die Frequenz des letzteren kann durch Veränderung der Selbstinduktion und Kapazität in ziemlich weiten Grenzen variiert werden (zwischen 500—40000 pro Sekunde). Damit es möglich ist, die Oszillationen im Kondensatorkreise aufrechtzuerhalten, ist nötig, dass während der Zeit der Schwankung genügende Energie dem Kondensator zugeführt wird, um die durch Joulesche Wärme verlorene Energie zu ersetzen. Wenn der Widerstand der Speiseleitungen gross ist und δV eine augenblickliche Potentialdifferenz-Änderung, δA die zugehörige Stromstärken-Änderung, r den Widerstand des Kondensatorstromkreises (ohne Einschluss des Kondensators) bezeichnet,

so muss sein: 1) $\frac{\delta V}{\delta A}$ negativ und

$$2)\quad \left|\frac{\delta V}{\delta A}\right| > r$$

Nach den Untersuchungen von Frith und Rodgers ist $\frac{\delta V}{\delta A}$ stets positiv für zwei Dochtkohlen, stets negativ für zwei Homogenkohlen und ungefähr — 2 Ohm für einen 4 Ampère-Bogen. Da r leicht kleiner als 2 Ohm gemacht werden kann, sind also obige Bedingungen zu erfüllen.

Duddell zeigte, dass das Experiment bei Verwendung von Dochtkohlen misslingt und dass das Tönen durch Vergrösserung von r aufhört; auch die Hysteresis eines in die Selbstinduktionsspule eingeführten Eisenkernes bringt den Bogen leicht zum Schweigen.

Folgende Tabelle enthält, nach Duddell, günstige Versuchsbedingungen für offene und geschlossene Lichtbogen.

	Offener Lichtbog.	Geschl. Lichtbog.
Homogenkohlen	Conradty	Elektra
Durchmesser	9 mm	13 mm
Lichtbogenlänge	1,5 mm	1,0 mm
Stromstärke	3,5 A	5 A
Vorschaltwiderstand	42 Ω	28 Ω
Drosselspule	$5{,}3 \times 10^{-3}$, 0,41 Ω	$5{,}3\ 10^{-3}\ H$, 0,41 Ω
Kapazität des Kondensators	1,1 — 5,4 Mikrofarad	1,1 — 5,4 Mikrofarad
Stromstärke im Kondensatorstromkreis bei 5,4 Mikrofarad	3 A	4,5 A

Im Zusammenhang mit den eben beschriebenen Experimenten wurde versucht, die Kohlen durch Metall-Elektroden zu ersetzen. Es zeigte sich, dass der Metalllichtbogen viel schneller seine Leitfähigkeit verliert, nachdem der Stromdurchgang aufgehört hat, als der Kohlenbogen. Während bei Dochtkohlenelektroden der Flammenbogen nach Unterbrechungen von $^1/_4$ Sekunde noch leitet, war dies bei Kupferelektroden schon nach $^1/_{27000}$ Sekunde nicht mehr der Fall, homogene Kohlen stehen in der Mitte.

1) The Electrician **34**, 338, 1895.
2) La Lumière Électrique **43**, 54, 1893.
3) Société Française de Physique, „Séances" **2**, 70, 1899.

Die ausserordentliche Schnelligkeit, mit der Lichtbögen zwischen Metallelektroden ihre Leitfähigkeit verlieren, erhellt auch aus der Thatsache, dass es unmöglich ist, mit Wechselströmen gewöhnlicher Frequenz einen Flammenbogen zwischen Metallelektroden zu erzielen, und dass erst eine Potentialdifferenz[1]) von ca. 2000 Volt im stande ist, diesen Flammenbogen aufrecht zu erhalten.

Falls im Stromkreis Spulen hoher Induktion enthalten sind, ist die Spannungserhöhung im Moment des Erlöschens des Bogens zwischen den Kupferelektroden infolge Parallelschaltung eines Kondensators zum Lichtbogen ziemlich beträchtlich, sie kann mehrere Tausend Volt betragen.

Dieses hat auch praktischen Wert bei Ausschaltern mit Metallkontakten, denen ein Kondensator parallel geschaltet ist. Ausschalter mit Dochtkohlen-Kontakten sind daher vorzuziehen, um ein Durchschlagen der Isolation oder Kurzschluss zu vermeiden.

Ein ähnlicher praktischer Fall liegt bei dem Hammer- oder Deprez-Unterbrecher eines Induktoriums vor, wo parallel zur Unterbrechungsstelle ein Kondensator geschaltet wird. In diesem Fall ist ein kräftiges Ansteigen der Potential-Differenz erwünscht. Die Kontakte sind daher vorteilhaft so zu wählen, dass der Flammenbogen möglichst rasch durch einen möglichst kleinen Kondensator ausgelöscht wird; denn nach Auslöschung des Flammenbogens ist offenbar das Ansteigen der Potentialdifferenz um so grösser, je kleiner der Kondensator ist. Kohlenkontakte wären daher sehr unbrauchbar. Dies wird durch Versuche von Beattie[2]) bestätigt, der bei Platinkontakten eine $2\frac{1}{2}$ mal so grosse Funkenlänge erzielte als bei Kohlenkontakten.

Nach einer nochmaligen kurzen Zusammenfassung aller Beobachtungsresultate behandelt Duddell in einem Anhang den Widerstand der Dochte von Dochtkohlen und leitet die Bedingungen ab, die beim musikalischen Bogen bestehen müssen.

Es bezeichne E und $\mathfrak{J}$ die elektromotorische Kraft und die Stromstärke der Akkumulatorenbatterie, falls kein oszillatorischer Strom im Kondensatorstromkreis fliesst, V und A die entsprechenden Werte für den Lichtbogen. R sei der Vorschaltwiderstand, r der Widerstand des Kondensatorstromkreises, δV sei eine Potentialdifferenzänderung im Bogen, welche einen Strom δi während der Zeit δt im Kondensatorstromkreis erzeugt. δA und $\delta \mathfrak{J}$ seien die entsprechenden Änderungen von A und $\mathfrak{J}$. E wird als konstant angesehen. Unter der Annahme, dass δV und demnach δi am Ende jedes Zeitintervalls δt das Vorzeichen ändert, beträgt die Energiezufuhr zum Kondensator während einer Zeiteinheit δt: $(V + \delta V)(+\delta i)\,\delta t$, während der nächsten Zeiteinheit δt: $(V - \delta V)(-\delta i)\,\delta t$, also während einer vollen Periode $2\,\delta t$: $2\,\delta i\,\delta V\,\delta t$. Die während dieser Zeit infolge Joulescher Wärme verlorene Energie ist

$$2\,r\,(\delta i)^2\,\delta t.$$

Damit dem Kondensator während der Zeit $2\,\delta t$ Energie zugeführt wird, muss also $\delta i\,\delta V$ positiv sein und, damit die Ohmschen Verluste gedeckt werden,

$$\delta i\,\delta V > r\,(\delta i)^2.$$

Nun ist: $\delta \mathfrak{J} - \delta i = \delta A$ und

$$\mathfrak{J} = \frac{E - V}{R}.$$

Demnach: $$\delta \mathfrak{J} = -\frac{\partial V}{R}$$

und $$\delta i = -\frac{\delta V}{R} - \delta A = -\left(\frac{1}{R} + \frac{\delta A}{\delta V}\right)\delta V,$$

$$\delta i\,\delta V = -\left(\frac{1}{R} + \frac{\delta A}{\delta V}\right)(\delta V)^2$$

und es muss also $\frac{\delta V}{\partial A}$ negativ sein und dem absoluten Werte nach kleiner als R. Falls $\frac{\delta V}{\partial A}$ negativ ist, so ist die zweite Bedingung praktisch immer erfüllt.

Endlich ist noch die Bedingung $\delta i\,\delta V > r(\delta i)^2$ zu berücksichtigen; da $\delta i\,\delta V$ positiv ist, muss also

$$r\,\frac{\delta i}{\delta V} < 1$$

oder $$-r\left(\frac{1}{R} + \frac{\delta A}{\delta V}\right) < 1 \text{ sein.}$$

Setzen wir voraus, dass $\frac{1}{R}$ gegen $\frac{\delta A}{\delta V}$ vernachlässigt werden kann, dann geht diese Bedingung über in:

$$-\frac{\delta V}{\delta A} > r,$$

d. h. $\frac{\delta V}{\delta A}$ muss negativ und numerisch grösser als r sein, also die massgebenden bereits oben angeführten Bedingungen.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 21. Februar 1900.)

1) Arons, Wied. Ann. 57, 185.
2) Phil. Mag. 50, 146, 1900.

BESPRECHUNGEN.

S. Günther, Handbuch der Geophysik. 2. Auflage. gr. 8. 2 Bände. (Erster Band: XII und 648 S. mit Figuren, 1897, Mk. 15.—; zweiter Band: XIV und 1009 S. mit Figuren, 1899, Mk. 23.—.) Stuttgart, Ferdinand Enke. 1897 bis 1899. Mk. 38.—.

Mit Recht betont der Verf. in der Einleitung zum ersten Bande, dass das Studium der Geophysik im Aufschwung begriffen ist. Überblickt man das Gebiet, so tritt der Umstand in den Vordergrund, dass dieser Wissenszweig in seiner Entwicklung auf die Resultate sehr vieler anderen Zweige der Naturwissenschaften angewiesen ist. Damit hängt es denn auch wohl zusammen, dass an einer Einheitlichkeit in der Zusammenfassung der Einzelergebnisse und einer Zurückführung der Erscheinungen auf wenige Grundthatsachen noch nicht gesprochen werden kann. Es sind nicht nur die einzelnen Kapitel sehr verschieden durchgearbeitet, sie stehen auch noch vielfach in keinem Kontakt untereinander. Andererseits bietet die Geophysik für die reine Physik und die Mathematik ein so jungfräuliches Anwendungsgebiet, dass es lebhaft zu wünschen wäre, wenn diese Wissenschaften der Geophysik etwas näher träten. Dies wird — daran ist gar nicht zu zweifeln — auch rückwirkend Früchte tragen.

Von solchen Wünschen konnte so lange keine Rede sein, als die einzelnen Abhandlungen über die verschiedensten Publikationsorgane verstreut waren. Deshalb muss man es mit Dank begrüssen, wenn der Verfasser sich der schweren und anstrengenden Arbeit unterzog, die Resultate der Forschung zu sichten und einheitlich zu ordnen. Man hat lange Zeit in den Naturwissenschaften nichts von einer Politik der Sammlung wissen wollen, und mehr voraus gearbeitet. Es ist dadurch eine weitgehende Spezialisierung eingetreten; und doch ist das oberste Ziel unserer Forschung, die Zurückführung auf einige wenige Grundanschauungen. Dazu bedarf es der Sammlung. Dies für die Geophysik zu erreichen, ist die Aufgabe des vorliegenden Werkes.

Bei einem solchen Werke sollte man die Feile der Kritik nicht zu scharf aufsetzen, am wenigsten in der Geophysik, wo es heisst, so verschiedenartige Wissenszweige zu überschauen wie Geologie, Physik, Geographie und Astronomie.

Das Werk umfasst die Geophysik im weitesten Sinne und ein gut Teil der Astrophysik; speziell enthält der erste Band die Erde als Himmelskörper und die Physik der festen Erdrinde, der zweite Band die Physik der flüssigen und gasförmigen Bestandteile der Erde. Jedem Abschnitt folgt eine Litteraturübersicht, und zahlreiche Abbildungen dienen der Veranschaulichung. A. Nippoldt jun.

(Eingegangen 14. März 1901.)

E. Piazzoli, Impianti di illuminazione elettrica. Quinta edizione rifatta. (Elektrische Beleuchtungsanlagen. Fünfte umgearbeitete Auflage.) Mailand, Ulrico Hoepli. 1901.

Das vorliegende Buch gehört zu den Manuali Hoepli, einer Serie abgeschlossener Einzeldarstellungen aus den verschiedensten Gebieten der Wissenschaft und Technik. In dem ungefähr 600 enggedruckte Seiten umfassenden Bändchen hat der Verf. mit Gründlichkeit und grossem Fleisse alles zusammengetragen, was auf die Erzeugung elektrischer Starkströme und ihre Verwendung zu Beleuchtungszwecken Bezug hat. Theoretisches ist nur insoweit berücksichtigt, als es für die in erster Reihe stehenden Bedürfnisse der Praxis erforderlich ist; dafür ist den letzteren bis in die kleinsten Einzelheiten Rechnung getragen und für den Techniker ein Nachschlagewerk von eminenter Brauchbarkeit geschaffen.

B. Dessau.

(Eingegangen 19. März 1901.)

R. Ferrini, Recenti progressi nelle applicazioni dell'elettricità. Terza edizione completamente rifatta. (Neuere Fortschritte in den Anwendungen der Elektrizität. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage.) 283 S. Mailand, Ulrico Hoepli. 1901.

Der Titel des vorliegenden Buches ist nicht ganz zutreffend, insofern dasselbe nicht so sehr eine Neubearbeitung des im Jahre 1884 in erster und zehn Jahre darauf in zweiter Auflage erschienenen Werkes, als vielmehr eine Ergänzung desselben darstellt. Während in der früheren, zwei Bände umfassenden Auflage der Verf. die Theorie und Konstruktion der Dynamomaschinen und Transformatoren, die Verteilung und die Anwendungen der elektrischen Energie in systematischer Weise behandelte, sind in dem vorliegenden Buche der Hauptsache nach nur die neueren Fortschritte der einschlägigen Gebiete berücksichtigt. Dafür ist dem technischen Teile ein allgemein theoretischer Abschnitt vorausgeschickt, welcher in dieser Form den früheren Auflagen fehlte und zu einer raschen Orientierung über die theoretischen Grundlagen der

Elektrotechnik bestimmt ist. Durch diesen Abschnitt gewinnt die neue Auflage ein selbständiges Interesse. B. Dessau.

(Eingegangen 19. März 1901.)

O. Murani, Trattato elementare di fisica ad uzo dei Licei e degli Istituti Tecnici. Seconda edizione. Vol. I. Mailand, Ulrico Hoepli. 1901.

Der vorliegende erste Teil des für die italienischen Mittelschulen bestimmten Lehrbuches der Physik entspricht in Umfang und Behandlung des Gegenstandes den in Deutschland gebräuchlichen Lehrbüchern; der mathematischen Darstellung ist jedoch ein bescheidenerer Platz zugewiesen als es in deutschen Schulen üblich ist. B. Dessau.

(Eingegangen 19. März. 1901.)

B. Weinstein: Thermodynamik und Kinetik der Körper. gr. 8. Erster Band: Allgemeine Thermodynamik und Kinetik und Theorie der idealen und wirklichen Gase und Dämpfe. XVIII u. 484 S. mit Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1901. Preis 12 Mk.

Für die ältere mechanische Wärmelehre besitzen wir das klassische Werk von Clausius und ausgezeichnete Handbücher, wie das von Zeuner, Rühlmann u. s. w. Ein vollständiges Lehrbuch der neueren Thermodynamik fehlt, denn die hervorragenden Bücher von Duhem: Le potentiel thermodynamique und von Planck: Thermodynamik behandeln wesentlich Spezialarbeiten der betreffenden Forscher. Diese Lücke hat der Verfasser auszufüllen gesucht. Mit den Lehren der Thermodynamik hat er diejenige der Kinetik der Substanzen verbunden, die beiden Wissenschaften sind eng durcheinander gearbeitet. So eingehend die Theorie behandelt ist, so ist sie doch stets an die Erfahrung angeschlossen worden, darum enthält das Buch auch zahlreiche numerische Berechnungen nicht allein zur Versinnbildlichung der Theorie, sondern auch zu deren Prüfung. Insbesondere betrifft dieses die Zustandsgleichung, auf deren kritische Untersuchung und ziffernmässige Erprobung grosse Mühe verwandt ist, um den Geltungsbereich der Theorie festzustellen.

In diesem ersten Bande sind die allgemeinen Lehren der Thermodynamik und die Zustandsgleichung der Körper behandelt. Sodann ist die Lehre von den idealen und den wirklichen Gasen mathematisch und physikalisch zur Darstellung gebracht. Eigene Untersuchungen des Verfassers schliessen sich an den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, die Theorie der Zustandsgleichung, das Maxwellsche Gesetz für die Verteilung der Geschwindigkeiten in Gasen, die Theorie der mittleren Weglängen der Molekeln in Gasen, die Theorie der Reibung und den Reibungskoeffizienten, die Maxwellsche Theorie der Gase, das Verhalten der wirklichen Gase, an.

Durch die überall angewandte Kritik, sowohl an Theorie wie an Erfahrung, wirkt das Buch ausserordentlich anregend. Eine Fülle von Aufgaben und Fragen bieten sich sowohl für den Theoretiker als auch für den Experimentator dar. So gross das Material z. B. über das Verhalten der Körper auch ist, so ist es doch nur zu einem unverhältnismässig geringen Teil verwertbar, da die Angaben der einzelnen Forscher zu sehr voneinander abweichen, so dass man kaum im stande ist, die Theorie auch nur qualitativ mit der Erfahrung zu vergleichen. Hier liegt noch ein Gebiet brach, welches in den Händen eines geschickten und gewissenhaften Forschers reiche Früchte tragen wird.

Wegen der überall angewandten Kritik dürfte das Buch den Anfänger leicht verwirren; demjenigen, welcher etwa Plancks Thermodynamik und O. E. Meyers kinetische Gastheorie durchgearbeitet hat, kann es warm empfohlen werden.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 25. Januar 1901.)

Nachtrag zum Vorlesungsverzeichnis.

Universität Lausanne.

Henri Dufour: Experimentalphysik, I. Optik, II. Elektrizität, 5; Ausgewählte Kapitel der Physik, 3; Meteorologie (*gr*), 2; Physikal. Praktikum für Anfänger, 4; Laboratorium täglich. — **Mayor**: Theoretische Physik, 2; Mechanik, 4. — **Palaz**: Elektrotechnik, 6; Transformatoren und Accumulatoren, 2. — **Dapples**: Technische Physik, Heizung, Verdampfung, 2. — **Dutoit**: Chemische Physik, 2; Elektrochemie, 2. — **Brunner**: Organische Chemie, 7; Chemisch-laboratorische Arbeiten, 12 und täglich. — **Chuard**: Analytische Chemie; Agrikultur-Chemie. — **Brélaz**: Technische Chemie, Sprengstoffe, 2. — **Pelet**: Technisch-chem. Farbstoffe, 2. — **Seiler**: Analyse der Nahrungsmittel, 2. — **Amstein**: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen 2; Variationsrechnung, 2; Elliptische Funktionen 3; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 3; Theorie der algebraischen Funktionen, 2. — **Joly**: Analytische Geometrie, 2; Darstellende Geometrie, 2. — **Reiss**: Theorie der Photographie; Photographisches Praktikum. — **Ch. Dufour**: Astronomie: Planeten, Kometen, Zeitmessung, 3. —

Vorlesungen werden in der französischen Sprache gehalten. Prüfungen und Repetitorium in Deutsch und Französisch.

Die in der philosophischen Fakultät zu Lausanne verbrachten Semester werden an der Berliner Universität voll angerechnet.

Personalien.

Der Astronom Jesse, der in Steglitz bei Berlin lebte und auf der Maienhöhe bei Südende eine Wolkenwarte errichtet hatte, ist im 64. Lebensjahre nach längerem Leiden verschieden.

Der Privatdozent und Adjunkt an der Sternwarte der deutschen Universität in Prag Dr. R. Spitaler ist zum ausserordentlichen Professor der kosmischen Physik an dieser Universität ernannt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 30. 27. April 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Neuer Flüssigkeitsunterbrecher mit auswechselbarem Unterbrechungsplättchen. [1])

Von Ernst Ruhmer.

Von Herrn H. Th. Simon sind zwei Ausführungsformen seines Flüssigkeitsunterbrechers angegeben worden,[2]) von denen jedoch nur die eine, nämlich die in Fig. 1 dargestellte, in



Fig. 1.

die Praxis übergegangen ist und von der A.-G. Siemens & Halske, Berlin, fabriziert wird. Das ungleiche Volumen des in den beiden Abteilungen des Unterbrechers enthaltenen Elektrolyten, die ungleiche Krümmung, bedingt durch das cylindrisch kugelförmige Porzellandiaphragma, sind beides Eigentümlichkeiten dieser Ausführungsform, die dem gleichmässigen Betrieb des Unterbrechers entgegenwirken, insofern ein Steigen der Flüssigkeit im innern Gefäss eintritt.[3])

Die zweite Simonsche Ausführungsform besteht aus einem durch einen senkrechten Schnitt in zwei Hälften geteilten Glastrog mit dazwischen gesetzter Glasscheidewand, die mit einigen Durchbohrungen versehen ist. Diese Anordnung, welche ohne Zweifel mancherlei Vorteile besitzt, hat wegen der Schwierigkeit der praktischen Herstellung, ausser bei den Versuchen, die Herr

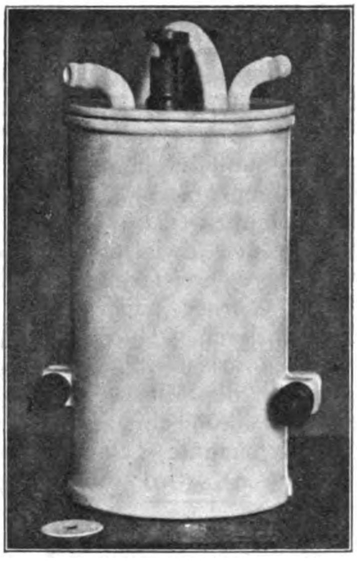


Fig. 2.

Simon selbst damit anstellte, bisher keine praktische Anwendung gefunden.

Ich habe nun neuerdings eine Konstruktion dieser Form des Flüssigkeitsunterbrechers ausgeführt, welche die bestehenden Schwierigkeiten in einfacher Weise überwindet und mancherlei Vorzüge vor der alten Form besitzt.

Fig. 2 giebt eine Totalansicht des neuen Unterbrechers.

1) D. R. G. M. 149346.
2) Vgl. Wied. Ann. **68**, 860, 1899.
3) Vergl. E. Ruhmer, Die Unregelmässigkeit der Unterbrechungen bei den neueren Flüssigkeitsunterbrechern. Elektrotechn. Zeitschrift **21**, 334, 1900.

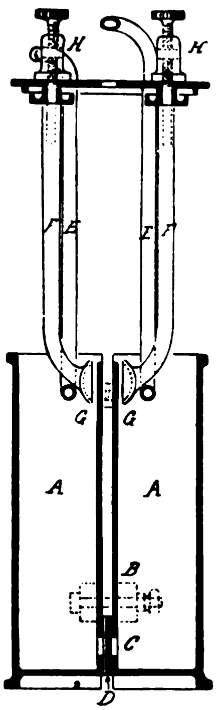


Fig. 3a.

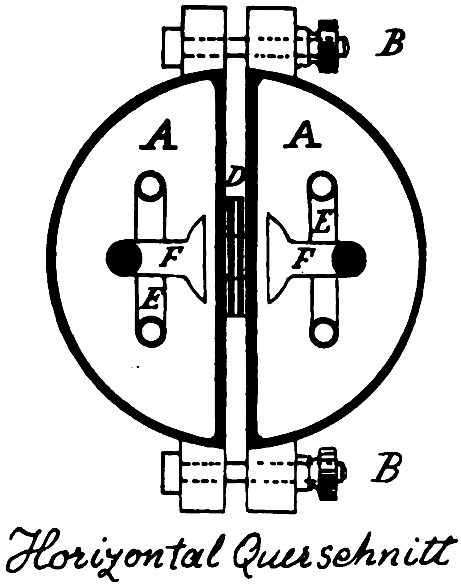


Fig. 3b.

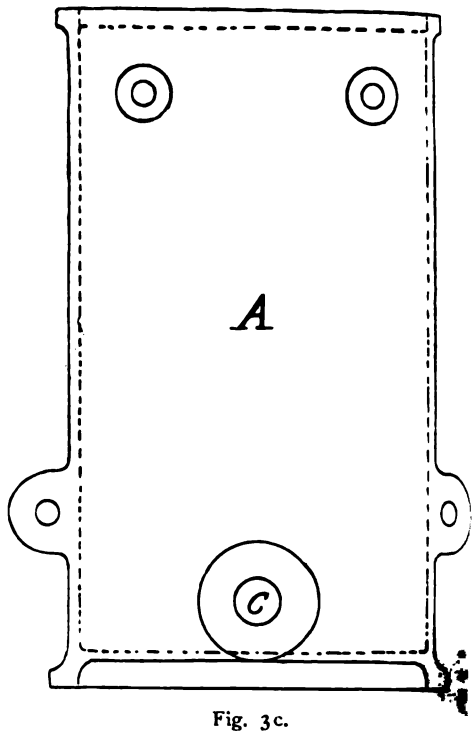


Fig. 3c.

Der Apparat besteht, wie aus Fig. 3a,b,c ersichtlich, aus zwei ganz gleichen, halbcylindrischen Porzellangefässen A, welche mit den flachen Seiten aneinandergelegt und durch Schrauben B, die seitlich durch Lappen gesteckt werden, zu einem cylindrischen Doppelgefässe verbunden sind.

In den geraden Zwischenwänden befindet sich je ein grösseres kreisförmiges Loch C, durch welches beide Gefässe nach dem Zusammensetzen kommunizieren. Durch ein dazwischen gelegtes, dünnes, kreisförmiges Plättchen D aus Porzellan, das in der Mitte eine oder mehrere runde, beiderseits konisch versenkte Öffnungen besitzt, das sogenannte „Unterbrechungsplättchen" (vgl. Fig. 4), wird die Kommunikation

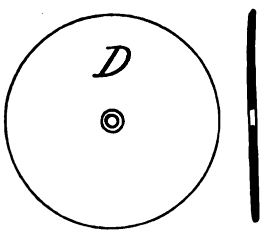


Fig. 4.

beider Gefässe noch mehr verengt. Die Dichtung mit Gummiringen bereitet keinerlei Schwierigkeiten, und es kann die Auswechselung eines solchen Plättchens zum Zwecke der Veränderung des Lochquerschnittes innerhalb kurzer Zeit erfolgen. Die Löcher in den Plättchen lassen sich mit grosser Genauigkeit schleifen und sind äusserst haltbar.

Mit dem Deckel des Gefässes ist eine Kühlschlange E aus Porzellan oder Glas fest verbunden, welche sich mit dem Deckel aus dem Unterbrecher herausheben lässt (Fig. 5). Durch einen Strom kalten Wassers wird die Temperatur in beiden Hälften des Unter-

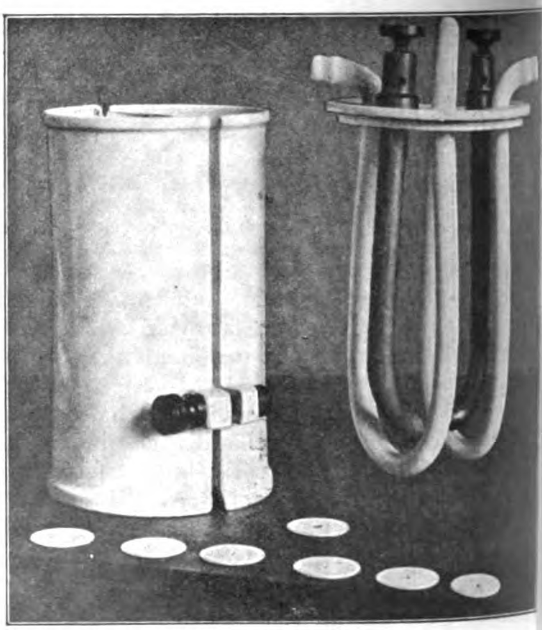


Fig. 5.

brechers selbst bei Dauerbetrieb desselben unterhalb des Siedepunktes des Elektrolyten gehalten. Bei kleineren Stromstärken kann die Kühlschlange überhaupt in Wegfall kommen.

An dem Deckel sitzen ferner, mit den Polklemmen befestigt, die beiden Bleianoden *F*, deren untere dem Unterbrechungsplättchen benachbarte Enden zu halbkugelförmigen Schalen *G* ausgebildet sind, um den inneren Widerstand des Unterbrechers nach Möglichkeit herabzusetzen und dadurch den Nutzeffekt zu erhöhen.[1])

Die Anoden tragen oben, dicht unter dem Deckel, Isolatoren, um die aufspritzenden Schwefelsäurebläschen vom Deckel abzuhalten und so die Bildung von Nebenschlüssen und zu Explosionen führenden Gleitfunken zu verhüten.

Die Polklemmen und seitlichen Schrauben sind aus einem gegen Schwefelsäure widerstandsfähigem Material (Hartgummi) mit Metallkernen hergestellt.

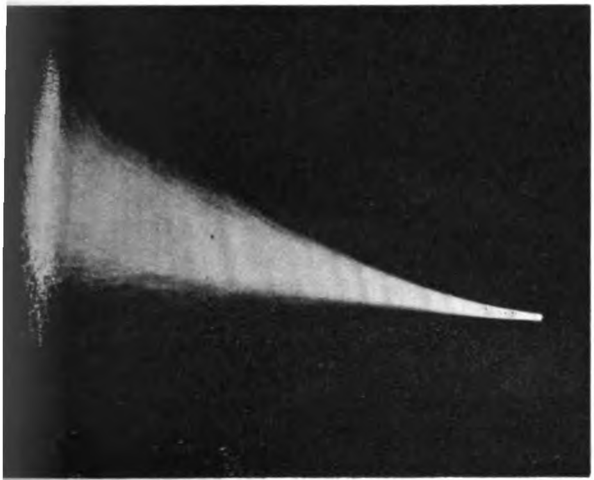


Fig. 6.

Fig. 6 zeigt den Entladungsfunkenstrom eines mit dem neuen Plättchenunterbrecher betriebenen 30 cm Induktors.

Zum Schlusse seien noch einige vergleichende Messungen mit der alten und neuen Konstruktion des Simonschen Unterbrechers mitgeteilt, aus denen die Überlegenheit der neueren Konstruktion hervorgeht.

Vergleichende Messungen

a) am ruhenden Unterbrecher ohne Selbstinduktion

	Konstruktion	
	Siemens u. Halske	Ruhmer
Lochdurchmesser	1,72 mm	1,72 mm
spez. Gewicht des Elektrolyten	1,2	1,2
Temperatur	17° C.	17° C.
Widerstand des ruhenden Unterbrechers	9,2 Ω	8,9 Ω

1) Vgl. H. Th. Simon, Wied. Ann. **68**, 868, 1899.

b) am arbeitenden Unterbrecher bei gleicher Betriebsspannung und beim Betriebe eines Induktors mit auf 18 cm eingestellter Schlagweite.

	Siemens u. Halske	Ruhmer	Siem. u. Halske	Ruhmer
Stromstärke . .	5,5 A.	6,3 A.	7,4 A.	8,4 A.
Unterbrechungen pro Sek.	160	225	400	580
Maxim. Funkenlänge . . .	205 mm	220 mm	225 mm	236 mm
Gesamte Stromenergie . .	605 Watt	693 Watt	1628 Watt	1848 Watt
Verlust im Unterbrecher durch Erwärmung .	445,8 Watt	379,1 Watt	900 Watt	879 Watt
Verlust in % .	73,5	54,6	55,3	47,5
Nutzeffekt in %	**26,5**	**45,4**	**44,7**	**52,5**

Aus diesen Messresultaten geht die Überlegenheit des Plättchenunterbrechers über den zum Vergleich benutzten Unterbrecher der jetzigen Konstruktion, sowohl bezüglich inneren Widerstandes, Anzahl und Exaktheit der Unterbrechungen, als auch in ökonomischer Hinsicht hervor.

Ferner ist es als ein Vorteil des neuen Unterbrechers anzusehen, dass die Flüssigkeit in beiden Gefässhälften gleichhoch stehen bleibt, also nicht wie bei dem Diaphragmen-Unterbrecher im Porzellanrohre steigt und irgendwo überläuft, was neben einer grossen Unregelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der Unterbrechungen die Getahr einer Explosion infolge Nebenschluss oder Gleitfunken mit sich bringt.

Bei einer neuen, in Ausführung begriffenen Form des Plättchen-Unterbrechers sind die Elektroden nicht durch den Deckel des Gefässes, sondern seitlich eingeführt, so dass dieselben vollständig unter dem Niveau der Säure liegen und Gleitfunken, welche das Knallgas zur Explosion bringen könnten, völlig ausgeschlossen sind.

(Eingegangen 12. März 1901.)

Eine neue Pyknometerform (Hohlcylinder-Pyknometer).

Von Max Rudolphi.

In einzelnen Fällen der Bestimmung des spezifischen Gewichts von Flüssigkeiten, wie z. B. bei verdünnten Lösungen, stehen meist grössere Flüssigkeitsmengen zur Verfügung. Durch die Anwendung grösserer Flüssigkeitsmengen lässt sich eine grössere Genauigkeit der Resultate erzielen, was vor allem bei verdünnten Lösungen, deren Dichte oft nur wenig von der des Lösungsmittels verschieden ist, von Wert ist. Nun wächst aber bei Benutzung

eines Sprengelschen oder Sprengel-Ostwaldschen Pyknometers hierdurch die Schwierigkeit, einen schnellen und vollkommenen Ausgleich der Temperatur der Pyknometerflüssigkeit herbeizuführen. Es erschien mir daher sehr zweckmässig, die Form des Pyknometers derart abzuändern, dass an Stelle des Vollcylinders ein Hohlcylinder trat. Dieses Hohlcylinder-Pyknometer hat eine Form, wie sie die nachstehende Figur (1) veranschaulicht.

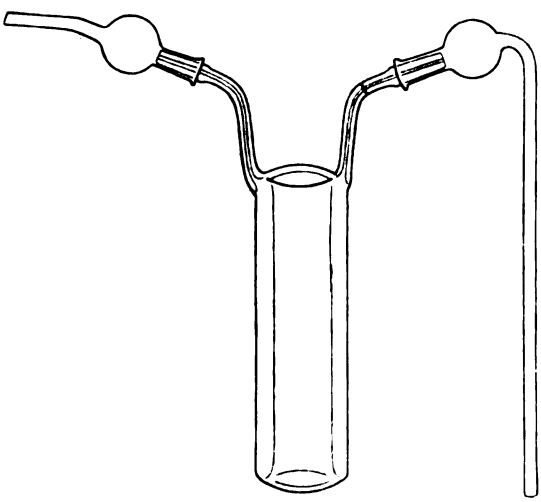


Fig. 1.

Der Inhalt eines cylindrischen Pyknometers ist gleich $r^2 \pi . h$, der eines hohlcylindrischen gleich $(r_2^2 - r_1^2) . \pi . h$, so dass also das Verhältnis der Inhalte beider gleich $\frac{r_2^2 - r_1^2}{r^2}$ ist, wenn beide die gleiche Höhe haben.

Die Dicke (d) der Flüssigkeitsschicht, durch welche beim Hohlcylinder-Pyknometer der Temperaturausgleich stattzufinden hat, ist gleich $r_2 - r_1$.

Um ein Bild von den Grössenverhältnissen des äusseren und inneren Radius und dem Inhalt der praktisch wohl passendsten Pyknometerformen zu geben, seien hier einige Zahlen angeführt. Der innere Radius wird am geeignetsten etwa 0,4—2 cm betragen, der äussere 1,4—4 cm.

r_1	r_2	$d = r_2 - r_1$	n
1.0	1.414	0,414	1.0 (I)
1.0	2.0	1.00	3.0 (II)
1.0	2.5	1.50	5.25
1.5	2.25	0.75	2.81
1.5	2.5	1.00	4.0
1.5	3.0	1.50	6.75
2.0	3.0	1.00	5.0
2.0	3.5	1.50	8.25
2.0	4.0	2.00	12.00 (III).

Die dritte Kolumne dieser Zusammenstellung giebt die Dicke der Flüssigkeitsschicht und die vierte das Verhältnis (n) des Inhaltes des betreffenden Hohlcylinder-Pyknometers zu demjenigen des gleich hohen Vollcylinder-Pyknometers vom Durchmesser 2 cm.

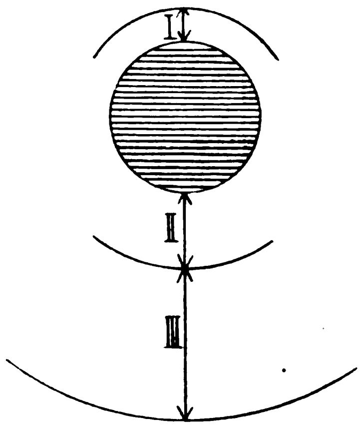


Fig. 2.

Die Fig. 2 giebt die Grundfläche dieses Vollcylinders (d = 2 cm) in natürlicher Grösse wieder, sowie Teile der Ringflächen, welche jener gleich (*I*) oder drei- (*II*) bezw. zwölfmal (*III*) so gross sind.

Gut haltbare Pyknometer dieser Art, die auch grössere Temperaturänderungen aushalten, sollen ziemlich schwer herzustellen sein; jedoch habe ich einzelne solche schon ziemlich lange in Gebrauch, ohne schlechte Erfahrungen damit gemacht zu haben.

Diese Pyknometer wurden nach meinen Angaben von der Firma Richard Müller-Uri, Braunschweig, angefertigt.

Darmstadt, den 15. April 1901.

Physikalisches Institut
der Grossherzogl. Technischen Hochschule.

(Eingegangen 15. April 1901.)

REFERATE.

Technische Mechanik.

Besorgt von Prof. E. Meyer.

E. Meyer, Über Kraftgas- und Gichtgasmotoren. Schillings Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1900, S. 805, 825, 845.

Der Verfasser behandelt die Entwicklung des Gasmotors zur Kraftmaschine des Grossbetriebes nach ihren inneren und äusseren Ursachen und giebt ein Bild von dem gegenwärtigen Stande des Gasmaschinenbaues. Im Laufe von zehn Jahren ist man von höchstens 100-pferdigen Motoren zu Maschinen von 1200 Pferdestärken gelangt. Die Grundlage für diese Entwicklung bildet die Thatsache, dass der Gasmotor, dessen Arbeitsprozess sich innerhalb weiterer Temperaturgrenzen abspielt, als sie bei der Dampfmaschine erreicht werden können, der letzteren hinsichtlich der Wärmeausnutzung bedeutend überlegen ist. Im Cylinder der Gasmaschine werden bis zu 30 Proz. der im Brennstoff enthaltenen Wärme in Arbeit umgesetzt, während die besten Dampfmaschinenanlagen eine Wärmeausnutzung von 14 Proz. aufweisen.

Trotz dieses unbestrittenen Vorzuges konnte der Gasmotor nicht in erfolgreichen Wettbewerb mit der Dampfmaschine treten, solange ihm als Brennstoff nur das teure Leuchtgas zur Verfügung stand. Im Jahr 1886 gelang es nun dem englischen Ingenieur Dowson, der Gasmaschine in dem sogenannten Kraftgas eine billige Wärmequelle zu schaffen. Das Kraftgas entsteht beim Einblasen von Luft und Wasserdampf in einen Schachtofen, in dem sich glühende Kohlen befinden, und enthält als Hauptbestandteile Wasserstoff, Kohlenoxyd und Stickstoff; der Heizwert beträgt ungefähr 1300 W.-E. pro Kubikmeter. Bei der Erzeugung des Kraftgases gehen etwa 30 Proz. der in der Kohle enthaltenen Wärme verloren, so dass noch 70 Proz. für die Verbrennung im Gasmotor zur Verfügung stehen. Eingehende Versuche haben ergeben, dass auch bei kleinen Kraftgasanlagen ungefähr 16 Proz. der Verbrennungswärme der Kohle in Nutzarbeit verwandelt werden, während kleinere Dampfmaschinenanlagen eine Wärmeausnutzung von 10 Proz. selten erreichen. Wenn auch nur die nichtschlackenden, teuren Kohlenarten sich zur Vergasung eignen, so ist doch erfahrungsgemäss der Betrieb von Kraftgasanlagen erheblich billiger als der gleichgrosser Dampfmaschinenanlagen.

Auch nach der Einführung des Kraftgases machte der Bau grosser Gasmaschinen nur langsame Fortschritte; denn der Vorteil des geringeren Kohlenverbrauches war nicht so schwerwiegend, dass man die rasche Überschreitung der erprobten Maschinengrössen gewagt hätte. Einen kräftigen Impuls erhielt die Entwicklung des Gasmotorenbaues durch die im Jahre 1895 (fast gleichzeitig in England, Deutschland und Belgien) angeregte Verwendung der sogenannten Gichtgase zum Betriebe von Gasmaschinen. Die Gichtgase, die den Hochöfen bei der Erzeugung von Roheisen entströmen, bestehen im wesentlichen aus Kohlenoxyd, Kohlensäure und Stickstoff und haben einen Heizwert von 900 bis 1000 W.-E. pro Kubikmeter. Ein Teil der Gichtgase wird in Apparaten, die zur Vorwärmung der Gebläseluft dienen, sofort nach Verlassen des Hochofens verbrannt; der Rest (etwa 40 Proz.) wurde bisher gar nicht oder in unrationeller Weise zur Heizung von Dampfkesseln verwendet. Wenn es gelang, diese Gase in dem weit vollkommener arbeitenden Gasmotor zur Verbrennung zu bringen, so waren damit für die Hochofenwerke bedeutende Energiemengen gewonnen. Man befürchtete anfangs, dass die schwere Entzündbarkeit der Gichtgase, ihr geringer Heizwert und der mitgeführte Gichtstaub ein Hindernis für die Verwendung zum Gasmaschinenbetrieb bilden werde. Allein die Versuche zeigten, dass das Gichtgas zur Speisung von Gasmotoren vorzüglich geeignet ist. Denn gerade im Gasmotor lassen sich auch schwer entzündbare Gase dadurch sicher verbrennen, dass man durch genügend hohe Kompression die Temperatur des Gases bis in die Nähe der Zündungstemperatur bringt; dabei ist die Wärmeausnutzung um so grösser, je höher die Kompression getrieben wird. Hohe Kompression von Leuchtgas hat heftige und vorzeitige Explosionen zur Folge, das schwer entzündbare Gichtgas hingegen verbrennt auch bei hoher Kompression langsam; daher läuft der Gichtgasmotor ruhiger und sanfter als der Leuchtgasmotor. Der von den Gichtgasen mitgeführte Staub lässt sich erfahrungsgemäss leicht entfernen; bei geringem Staubgehalt kann sogar jede besondere Reinigung unterbleiben, sofern der Motor entsprechend gebaut ist.

Bei der Ausnutzung der Gichtgase handelt es sich um sehr grosse Energiemengen, und so ist plötzlich das Bedürfnis nach 1000pferdigen und noch grösseren Motoren entstanden. Verschiedene Gründe liessen die Anwendbarkeit des üblichen Viertaktsystems auf grosse Maschinen als zweifelhaft erscheinen. Bei dieser von Otto erfundenen Arbeitsweise dient der erste Hub des Kolbens dem Ansaugen, der zweite der Kompression des zu verbrennenden Gasgemenges; beim dritten Hub erfolgt die

Verbrennung und Expansion unter Arbeitsleistung, beim vierten das Hinausschieben der Verbrennungsrückstände. Da auf jede Umdrehung der Kurbelwelle zwei Kolbenhübe entfallen, so wird nur bei jeder zweiten Umdrehung Energie zugeführt; daher braucht der Viertaktmotor verhältnismässig grosse Cylinderabmessungen und ein schweres Schwungrad. Diese Umstände fallen bei grossen Maschinen noch mehr ins Gewicht; ausserdem wird die Einschränkung der im Cylinder auftretenden hohen Temperaturen schwierig, da mit wachsender Maschinengrösse das Cylindervolumen rascher zunimmt als die Oberflächen der wassergekühlten Wandungen. Die Gasmotorenfabrik Deutz verteilt deshalb grosse Arbeitsleistungen auf mehrere Cylinder, deren Kurbelgetriebe durch eine gemeinsame Welle verbunden sind; bei geeigneter Anordnung dieser Getriebe lässt sich leicht ein gleichförmiger Gang und eine gute Ausgleichung der Massenkräfte erzielen. Dass es aber auch möglich ist, in einem einzigen Viertaktcylinder sehr grosse Arbeiten zu verrichten, beweist der geglückte Bau eines 600 pferdigen Hochofengasmotors von John Cockerill in Seraing (Belgien); bei diesem Motor werden nicht nur die hohlen Wandungen des Cylinders, sondern auch der Innenraum des Kolbens beständig von Kühlwasser durchflossen.

Obgleich die Erfahrung gezeigt hat, dass auch die grossen Gasmaschinen nach dem Viertaktsystem gebaut werden können, so liegt es doch nahe, bei der Anordnung mehrerer Cylinder die Herbeischaffung der Ladung einem besonderen Pumpencylinder zu überweisen und den von dieser Verrichtung befreiten Explosionscylinder bei jedem zweiten Kolbenhub Arbeit leisten zu lassen. Dieses Zweitaktsystem war schon früher versucht worden; aber kleine Zweitaktmaschinen konnten gegenüber dem eincylindrigen Viertaktmotor nicht aufkommen. Anders liegen die Verhältnisse bei grossen Maschinen. Die erste überhaupt in Betrieb gesetzte grosse Gichtgasmaschine war die Zweitaktmaschine von v. Oechelhaeuser. Bei dieser Maschine finden Kompression, Verbrennung und Expansion genau so statt, wie beim Viertaktmotor; aber der Austritt der Verbrennungsprodukte und der Eintritt der neuen von der Pumpe herbeigeschafften Ladung vollzieht sich während des letzten Achtels der Expansionsperiode. In dem Arbeitscylinder bewegen sich zwei Kolben gleichzeitig nach entgegengesetzten Richtungen und übertragen ihre Arbeit durch zwei Kurbelgetriebe auf dieselbe Welle. An Stelle der bei anderen Maschinen üblichen Ventile sind im Cylindermantel Schlitze angebracht, durch welche die Arbeitsflüssigkeit eintritt und austritt; die Schlitze werden von den beiden Kolben überdeckt und im geeigneten Augenblick frei gegeben. Die Pumpe schafft mit der einen Seite des Pumpenkolbens das brennbare Gemenge in den Arbeitscylinder; auf der andern Seite wird reine Luft komprimiert, welche als Spülluft zur Reinigung des Arbeitscylinders von den Verbrennungsrückständen dient. Der durch die Funktionen der Pumpe bedingte Arbeitsverlust ist fast doppelt so gross als im Viertaktmotor; daher braucht der Zweitaktmotor etwas mehr Gas. Die Frage des Gasverbrauchs tritt jedoch bei Gichtgasmaschinen gegenüber anderen Anforderungen in den Hintergrund.

In neuester Zeit ist ein weiterer Schritt zur Vervollkommnung der grossen Gasmotoren gethan worden. Bekanntlich sind alle Dampfmaschinen doppeltwirkend gebaut; der Cylinder ist an beiden Enden geschlossen und der Dampf arbeitet abwechselnd auf beiden Seiten des Kolbens. Bei den Gasmotoren hat man sich bisher auf die einseitige Wirkung beschränkt, um den Kolben vor zu starker Erhitzung zu schützen; vor kurzem aber haben Gebr. Körting in dem Bestreben, den vorhandenen Cylinderraum möglichst gut auszunützen, eine doppeltwirkende Zweitaktgasmaschine ausgeführt. Die Maschine hat neben dem Arbeitscylinder zwei Pumpen, von denen die eine das Gas, die andere die Luft herbeischafft. Dadurch, dass die Luft vor dem Gas in den Cylinder eintritt, bildet sich ein Luftkissen zwischen dem Gas und den noch heissen Verbrennungsrückständen, an denen sich sonst die frische Ladung vorzeitig entzünden würde. Um der Gefahr solcher Vorzündungen entgegen zu treten, sind alle mit dem Cylinderraum in Berührung kommenden Teile, namentlich der Kolben, sorgfältig durch Wasser gekühlt. Der Eintritt des frischen Gemenges wird durch Ventile geregelt, während die Verbrennungsprodukte, wie beim Oechelhaeuser-Motor, durch Schlitze austreten, die der Arbeitskolben selbst öffnet und schliesst. Nach eigenen Versuchen des Verfassers werden von dieser Maschine 24 Proz. der im Gase enthaltenen Wärme in nützliche Arbeit umgesetzt.

Der eingehenden Beschreibung der genannten Gasmaschinen sind Zeichnungen und Mitteilungen von Versuchsergebnissen beigefügt. Zum Schluss wird über Erfahrungen an Kraftgasanlagen berichtet, aus denen hervorgeht, dass ihr Betrieb billiger ist, als der gleichgrosser, mit gesättigtem Dampf arbeitender Dampfmaschinenanlagen. G. Cattaneo.

(Eingegangen 22. März 1901.)

Elektrotechnik.
Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Über die von der Firma Siemens & Halske, Berlin, auf der Pariser Weltausstellung in Klasse 26 ausgestellten Telegraphen- und Telephonapparate.

Unter den zahlreichen Telegraphen- und Fernsprechapparaten auf der Pariser Weltausstellung sollen im folgenden diejenigen von Siemens & Halske, A. G., Berlin, an der Hand der von der Firma herausgegebenen Ausstellungsnachrichten etwas eingehender besprochen werden.

Zunächst ist ein Hughes-Typendruck-Telegraph mit Elektromotorantrieb zu erwähnen (vgl. Fig. 1). Der für den genannten Zweck besonders konstruierte Gleichstrommotor gefälliger Form wird gewöhnlich für 110 Volt konstruiert, wobei sein Stromverbrauch ca. $^1/_4$ A. beträgt. Zur Erhaltung der konstanten Umlaufszahl dient der von der Firma neukonstruierte Bremsregler (vgl. Fig. 2), der sich durch grössere Betriebssicherheit und leichtere Einstellbarkeit vorteilhaft auszeichnet. Von weiteren Verbesserungen ist noch die Papierführung zu nennen.

Die Hughesapparate mit Elektromotorantrieb nach dem Siemens & Halskeschen System sind bereits auf zahlreichen deutschen und ausländischen Telegraphenämtern eingeführt worden und gewähren dem Beamten beim Arbeiten eine grosse Erleichterung.

Unter den Fernsprechapparaten befinden sich die üblichen Typen von Wand- resp. Tischstationen mit Batterie- resp. Induktoranruf, ferner sind hervorzuheben: Linienwähler, Centralumschalter u. s. w. Von den Fernsprechapparaten für besondere Zwecke seien genannt: das Normalmodell für Eisenbahnen, Wandstation mit Schutzvorrichtung gegen Hochspannung, Wandstation für Grubenbetrieb, Wasser- und gasdichte Grubenfernsprechstation für laute Sprachübertragung, tragbare Fernsprechstation für Streckenbau, tragbare Fernsprechstation mit Mikrophonsummer für Vorposten- und Patrouillendienst.

Sodann ist der Ferndrucker der Firma zu erwähnen (vgl. Fig. 3), der aus dem Börsendrucker Werner Siemens hervorgegangen ist und auf dessen Konstruktion demnächst näher eingegangen werden soll.

Unter den verschiedenen Blitzableiterkonstruktionen zeichnet sich der Luftleerblitzableiter (vgl. Fig. 4) durch seine günstige Wirkungsweise besonders vorteilhaft aus; bei demselben stehen sich zwei Kohlenplatten, deren einander zugekehrte Flächen mit feinen Riefen versehen sind, in einem luftleeren Glasrohr gegenüber; durch den Boden des Glas-

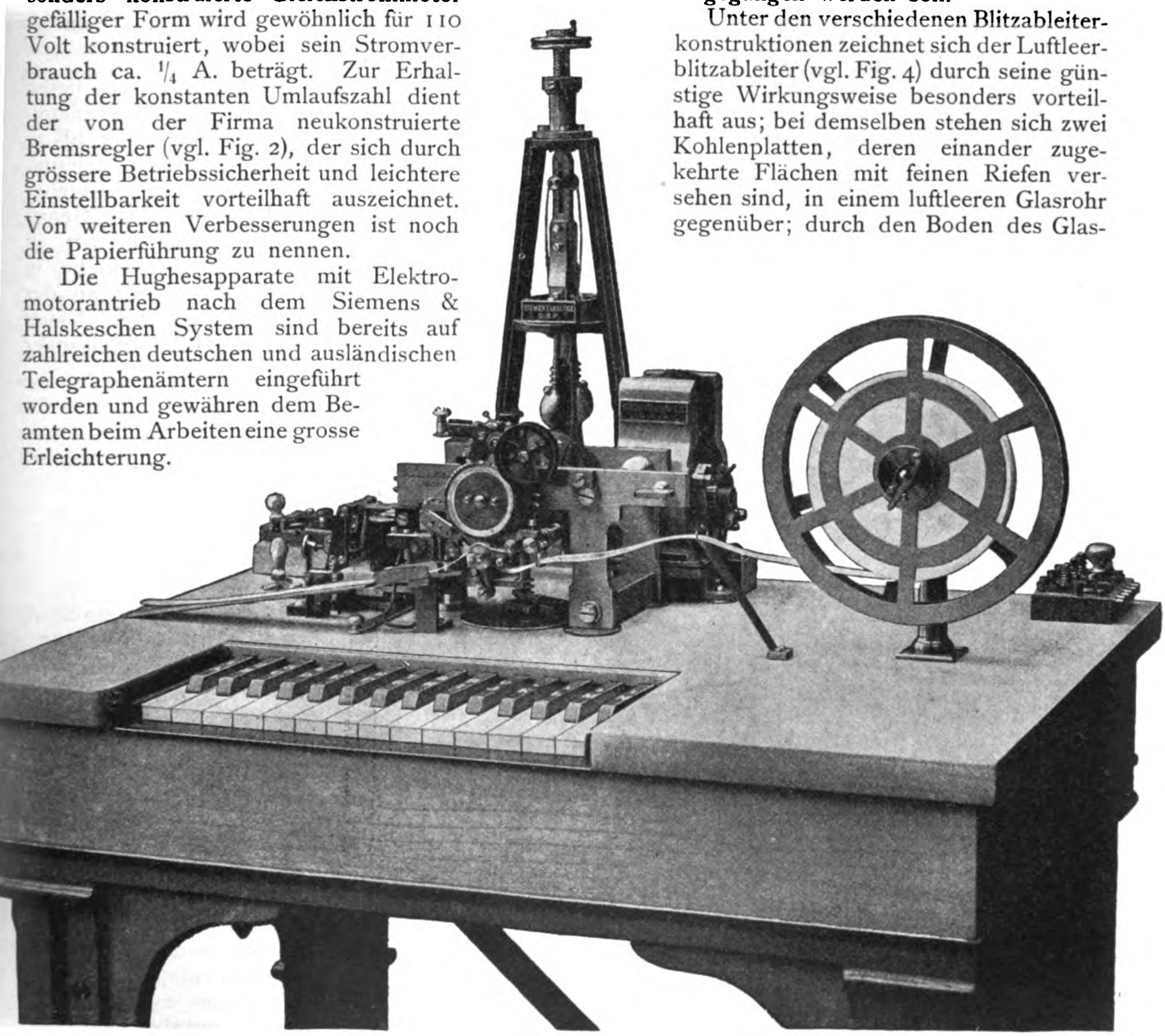


Fig. 1.

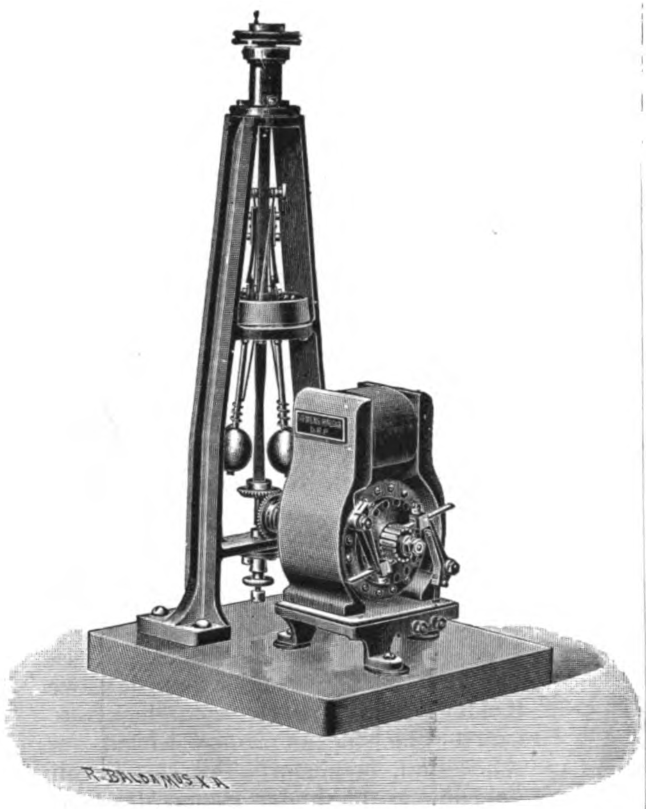


Fig. 2.

rohres sind Zuleitungen an die Kohlenplatten geführt, welche aussen in federnde Stifte enden. Neben der leichten Auswechselbarkeit eines schadhaft gewordenen Blitzableiters besitzt derselbe den Vorteil geringer Raumeinnahme.

Ein interessanter Apparat dient zur selbstthätigen Abgabe des täglichen Zeitsignals von einer Centralstelle an beliebig viele Stationen. Bei diesem Centralzeitsignalgeber werden die Stationen kurz vor dem Eintritt des zu markierenden Zeitpunktes mit m. e. z. (mitteleuropäische Zeit) telegraphisch angerufen. Fünfzig Sekunden vor dem Zeitsignal werden die Arbeitsstromleitungen selbstthätig geschlossen, resp. die Ruhestromleitungen unterbrochen, so dass die Telegraphenapparate während dieser Zeit einen ununterbrochenen Strich schreiben, dessen Ende das Zeitsignal bedeutet. Die Centralstelle enthält eine Normaluhr. Durch einen Zeitkontakt kann der Rufzeichengeber ausgelöst werden, welcher eine mit den Typen m. e. z. versehene Zeichenscheibe an der Nase eines Kontakthebels vorbeiführt. Durch diesen Kontakt werden vermittelst Relais je ein Generaltaster beeinflusst und dieser letzere, der bis zu zwanzig Stromkreise bethätigen kann, telegraphiert nun das fortwährend vom Rufzeichengeber wiederholte Zeichen m. e. z. weiter. Genau fünfzig Sekunden vor dem Zeitsignal tritt an der Normaluhr eine zweite Kontaktscheibe in Thätigkeit, welche die Unterbrechung an der Zeichenscheibe des Rufzeichengebers kurz schliesst. Demnach bleiben die Relaisanker



Fig. 4.

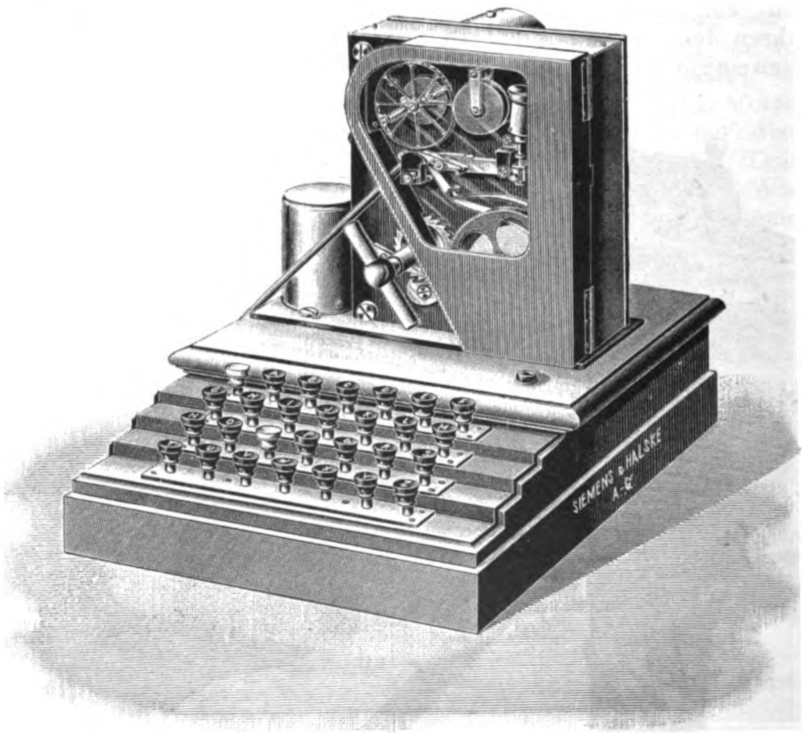


Fig. 3.

dauernd angezogen und die Generaltaster halten die Linien geschlossen, es entsteht auf dem Papierstreifen sämtlicher Stationen ein ununterbrochener Strich.

Nach fünfzig Sekunden wird der Kurzschluss aufgehoben und der Strich auf dem Morseband bricht ab, — dies entspricht dem Zeitsignal. Die Rufzeichenscheibe tritt nunmehr wieder in Thätigkeit, bis nach ca. 1/4 Minute die erste Kontaktscheibe der Normaluhr den Stromkreis unterbricht und dadurch der Rufzeichengeber arretiert und der Relaisstromkreis unterbrochen wird.

Ferner seien erwähnt Übertragungsvorrichtungen für Ruhestrom, hauptsächlich für Eisenbahn-Telegraphen-Netze und die eine besondere Abteilung bildenden Feuermeldeapparate.

Neben automatisch wirkenden mit Gewichtsantrieb finden sich durch Federkraft bethätigte Feuermelder. Beim Melden wird ein Kontaktrad in Thätigkeit gesetzt, das die Nummer des Melders nach der Centrale telegraphiert. Unter den Meldern für verschiedene Zwecke sind Fabrikmelder, Innen- und Aussenmelder für Städte, mit und ohne Fernsprechausrüstung oder mit Klinkenausrüstung zur Einschaltung eines tragbaren Fernsprechapparates, Feuermelder mit Unfallmeldung, Strassenfeuermelder vertreten.

Endlich seien noch die elektrischen Minenzündapparate genannt (vgl. Fig. 5); dieselben sind sog. Glühzünder. Die Glühpatronen werden in die Leitung hintereinander geschaltet, so dass ein schwacher Strom eines Trockenelementes, der nicht im stande ist, die Glühwirkung hervorzurufen, durch die ganze Leitung fliessen kann. Durch ein Galvanoskop kann der Zustand der

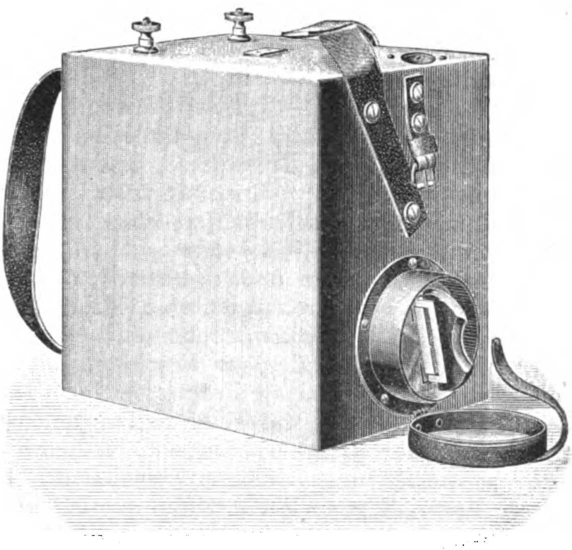


Fig. 5.

Leitung geprüft werden. Die Minenzündapparate sind entweder magnetelektrische oder dynamoelektrische.

Die Magnetinduktoren sind mit einer Einschaltevorrichtung versehen, welche die Leitung erst dann einschaltet, wenn der Anker bereits die nötige Geschwindigkeit besitzt, da bei langsam ansteigendem Strom die empfindlichsten Patronen zuerst losgehen würden und so die Leitung vorzeitig unterbrochen werden würde. Bei dem dynamoelektrischen Minenzündapparat dient eine kleine Nebenschlussdynamo mit Federantrieb zur Stromerzeugung. E. Ruhmer.

(Eingegangen 8. März 1901.)

BESPRECHUNGEN.

G. Zeuner, Technische Thermodynamik. 2. Auflage. I. Band: Fundamentalsätze der Thermodynamik. Lehre von den Gasen. gr. 8. XVI u. 436 S. mit 65 Holzschnitten. Leipzig, Arthur Felix. 1900. Mk. 13.—.

Gustav Zeuner, dem es vergönnt ist, fast seit zwei Menschenaltern an der Ausbildung der mechanischen Wärmetheorie und an der Übertragung ihrer Lehren auf die Fragen der Technik in hervorragender Weise mitzuwirken, hat, kurz nachdem er ein neues Werk über hydraulische Motoren herausgegeben hat, nunmehr den ersten Band der zweiten Auflage seiner technischen Thermodynamik der Öffentlichkeit übergeben. Das Werk hat in seiner ersten Auflage und schon vorher unter dem Titel: „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie" weit über Deutschlands Grenzen hinaus die grösste Verbreitung gefunden. Wie in seinem ersten Abschnitt, der fast unverändert geblieben ist, die Fundamentalsätze der Thermodynamik abgeleitet sind, darf als bekannt vorausgesetzt werden.

Der zweite Abschnitt gilt der Lehre von den Gasen und von ihren Anwendungen, wobei sich die letzteren in einen physikalischen und in einen technischen Teil gliedern. Neu sind in dem physikalischen Teil vor allem Mitteilungen über Versuche, die Zeuner in den letzten Jahren zur Ermittelung der Gesetze des Ausflusses der Luft aus einfachen Mündungen und aus langen Rohrleitungen angestellt hat. Auf Grund dieser Versuche findet er seine Hypothese bestätigt, „dass die Luft in den luftleeren Raum mit der dem Zustande der Luft in der Mündung entsprechenden Schallge-

schwindigkeit ausströmt, welche Widerstände hierbei auch beim Hinströmen nach der Mündung vorliegen mögen."

Auch der technische Teil der Anwendungen dürfte für den Physiker von Interesse sein, handelt es sich hier doch um grundlegende Erörterungen, wie die Wärmevorgänge in der Heissluftmaschine, der Kaltluftmaschine und in der Feuerluftmaschine (Gaskraftmaschine) thermodynamisch zu fassen und zu beurteilen sind. Die Kreisprozesse der ausgeführten Maschinen sind mit vielen Unvollkommenheiten behaftet, die der Konstrukteur nie ganz beseitigen kann. Daher ist es die wichtigste Frage, welcher vollkommene Prozess als Massstab zur Beurteilung der ausgeführten Wärmekraftmaschinen herbeigezogen werden muss. Daran reiht sich die weitere Frage, die auch vom Standpunkte der Thermochemie von Interesse ist, nach dem Arbeitswert des Brennstoffes, d. h. wieviel Arbeit ein Brennstoff in dem günstigsten Falle, der physikalisch überhaupt gedacht werden kann, zu leisten vermag. Früher glaubte man zur Beurteilung der Wärmekraftmaschinen in allen Fällen den Carnotschen Kreisprozess herbeiziehen zu müssen, bei der eingehenderen Beschäftigung mit der Theorie der Kältemaschinen und der Gaskraftmaschinen hat sich aber ergeben, dass der Carnotsche Prozess häufig zum Vergleiche nicht tauglich ist. In den grundlegenden Arbeiten von H. Lorenz und später auch in Arbeiten des Referenten (in der Zeitschrift des Vereins Deutsch. Ingen. vom Jahre 1892 ab) sind diese Fragen ausführlich behandelt. Zeuner sucht insbesondere den Arbeiten von Lorenz nach Möglichkeit gerecht zu werden; hinsichtlich abweichender Meinungen sei auf die Originalarbeiten selbst verwiesen.

E. Meyer.

(Eingegangen 23. März 1901.)

H. A. Lorentz-Festschrift. (Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles (2) V.) La Haye, Martinus Nijhoff. 1900.

(**Livre jubilaire** dédié à H. A. Lorentz, professeur de physique à l'Université de Leiden. Recueil de travaux offerts par les auteurs à l'occasion du 25e anniversaire de son doctorat. Ein Band, 678 S., gr. 8⁰. Mit Tafeln. Lwd. (Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles. 2e Serie, Tome V). Preis Mk. 12.)

Der vorliegende Band der Archives Néerlandaises ist H. A. Lorentz zur 25jährigen Feier seiner Doktorpromotion gewidmet worden. Er vereinigt eine Reihe von Abhandlungen der hervorragendsten Physiker aller Nationen. Naturgemäss sind diejenigen Forschungsgebiete durch eine grössere Zahl von Arbeiten repräsentiert, die H. A. Lorentz selbst durch eigene Untersuchungen bereichert hat. Unter diesen nimmt die Elektronentheorie der Elektrodynamik die erste Stelle ein; hat doch H. A. Lorentz dieser Theorie den grössten Teil seiner Lebensarbeit gewidmet. Die in der Festschrift enthaltenen Abhandlungen, welche sich mit Elektronen beschäftigen, sind in ihrer Gesamtheit wohl geeignet, eine Übersicht über den gegenwärtigen Stand dieser Disziplin zu geben.

Eine Arbeit von C. H. Wind (S. 609—635) enthält eine zusammenfassende Darstellung desjenigen, was die theoretische Elektrodynamik über langsam bewegte Elektronen aussagt. Das Elektron wird als eine über ihr ganzes Volumen gleichmässig geladene Kugelschale angenommen; als Spezialfälle sind in dieser Annahme die sehr dünne Kugelschale und die gleichförmig geladene Kugel enthalten. Bewegt sich das Elektron, so ist bei kleinen Geschwindigkeiten das elektrostatische Feld von dem des ruhenden Elektrons nicht verschieden. Konvektionsstrom und Verschiebungsstrom rufen ein magnetisches Feld hervor, dessen Energie dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist. Der Proportionalitätsfaktor, die halbe „scheinbare Masse", hängt von der Ladungsverteilung ab. Befinden sich zwei bewegte Elektronen im Felde, so enthält die magnetische Energie ein dem Produkte der beiden Geschwindigkeiten proportionales Glied, das eine Wechselwirkung der beiden Elektronen anzeigt. Das Gesetz dieser Wechselwirkung, das sogenannte „elektrodynamische Elementargesetz", ergiebt sich mit Hilfe der Lagrangeschen Bewegungsgleichungen. Die Anwendung der Lagrangeschen Gleichungen auf die Elektrodynamik, die man Maxwell verdankt, setzt voraus, dass die magnetische Feldenergie als kinetische Energie gewisser fingierter Massen gedeutet wird. Es kann, wie der Verfasser hervorhebt, vom Standpunkte der Mechanik aus keineswegs Wunder nehmen, dass der Schwerpunktsatz, auf die aus Elektronen zusammengesetzte Materie angewandt, keine allgemeine Gültigkeit besitzt. Werden doch jene fingierten Massen beim Austausche der Bewegungsmengen eine Rolle spielen. Das erhaltene Elementargesetz für die Kraft, die ein bewegtes Elektron auf ein anderes, gleichfalls bewegtes, ausübt, stimmt übrigens nicht genau mit den von O. Heaviside und J. J. Thomson aufgestellten überein.

C. H. Wind beschränkt seine Betrachtung auf Geschwindigkeiten, die klein sind gegen die Lichtgeschwindigkeit. Von O. Heaviside ist bereits das Feld eines geradlinig mit beliebiger gleichförmiger Geschwindigkeit bewegten Elektrons ermittelt worden. Heavisides Gedankengang bei der Ableitung des Feldgesetzes ist

kein ganz klarer, und giebt insbesondere bei Geschwindigkeiten, welche die Lichtgeschwindigkeit übersteigen, zu Bedenken Anlass. Man wird wünschen, eine Methode zu haben, welche es erlaubt, einen allgemeinen mathematischen Ausdruck für das Feldgesetz eines beliebig bewegten Elektrons aufzustellen, aus dem das Feldgesetz des geradlinig und gleichförmig bewegten sich durch exakte mathematische Deduktion ergiebt.

Hier liefern nun die Abhandlungen von E. Wiechert (S. 549—573) und Th. DesCoudres (S. 652—664) die willkommene Ergänzung. Sie zeigen, dass ein allgemeiner, von H. Poincaré und H. A. Lorentz aufgestellter Satz der Elektrodynamik das Gewünschte leistet; dieser Satz lehrt, das Feld zu berechnen, wenn die Elektrizitätsbewegung und die elektrische Dichte zu allen Zeiten bekannt sind; die Wirkungen pflanzen sich von den einzelnen Volumelementen aus mit Lichtgeschwindigkeit fort. Bei der Anwendung auf bewegte Elektronen hat man nun das Elektron zunächst als räumlich ausgedehnt anzunehmen. Dann werden die Beiträge, welche gleichzeitig in einem bestimmten Punkte des Feldes eintreffen, von den einzelnen Volumelementen des Elektrons zu verschiedenen Zeiten ausgesandt worden sein; man muss also das Elektron in gewisser Weise deformieren, um den Raum zu erhalten, von dem die Wirkung ausging. Ferner ist zu berücksichtigen, dass die von den Volumelementen ausgehenden Wirkungen, falls sich das Elektron bei seiner Bewegung dem betreffenden Punkte des Feldes nähert, auf ein kleineres Zeitintervall zusammengedrängt, eintreffen werden. Geht man nun zur Grenze über, indem man das Volumen des Elektrons beständig verkleinert, so ist das Resultat folgendes: Das Elektron wirkt scheinbar mit einer um den Volumdilatationsfaktor jener Deformation veränderten Elektrizitätsmenge. E. Wiechert wendet das Feldgesetz an auf lineare stationäre und quasistationäre Ströme, auf ein mit einer konstanten Geschwindigkeit, die kleiner ist als die Lichtgeschwindigkeit, geradlinig bewegtes Elektron, ferner auf ein schwingendes Elektron, und zeigt, dass die Felder in allen diesen Fällen mit den auf anderem Wege ermittelten übereinstimmen. Th. Des Coudres diskutiert insbesondere Bewegung mit Überlichtgeschwindigkeit; es ergiebt sich, dass das Feld in einen Kegel eingeschlossen ist, an dessen Spitze das Elektron voraneilt; innerhalb dieses Kegels treffen in jedem Punkte des Feldes gleichzeitig die Wirkungen ein, die das Elektron zu zwei verschiedenen Zeiten aussandte. So gewinnt man einen Einblick in den Mechanismus der Felderzeugung. Fraglich bleibt es, ob Bewegung mit Überlichtgeschwindigkeit durch Aufwand einer endlichen Arbeit erzeugt werden kann. Die Beantwortung dieser Frage erfordert die Ermittelung der Feldenergie eines mit ungleichförmiger Geschwindigkeit bewegten Elektrons, deren Ableitung aus dem Feldgesetz erhebliche mathematische Schwierigkeiten darbieten dürfte.

Die Stellung der Lorentzschen Theorie zum Prinzip von Wirkung und Gegenwirkung, die schon von Wind berührt wurde, wird von einem anderen Gesichtspunkte aus in einer von H. Poincaré herrührenden Arbeit (S. 252—278) betrachtet. „Worauf stützt sich das Reaktionsprinzip?“ fragt Poincaré. Auf das Energieprinzip und das Prinzip der Relativbewegung; das letztere besagt, dass alle Vorgänge in einem vollständigen Systeme, welches eine konstante Translationsgeschwindigkeit besitzt, wie in dem ruhenden Systeme verlaufen. Dieses letztere Prinzip ist, nach der Lorentzschen Theorie, auf die Materie allein nicht anwendbar; denn die Materie allein bildet kein vollständiges System, und der Äther bewegt sich nicht mit der Materie. Die Ungültigkeit des Prinzips der Relativbewegung zeigt im Grunde bereits der Fizeausche Versuch; jede Theorie, die diesen Versuch erklärt, kann nicht umhin, das Prinzip der Relativbewegung, und somit auch das Prinzip von Wirkung und Gegenwirkung, umzustossen.

Die elektromagnetische Lichttheorie verlangt, dass in jeder Lichtquelle periodische Elektrizitätsbewegungen stattfinden. Das einfachste Bild einer derartigen Elektrizitätsbewegung, und des von ihr erregten Feldes, giebt eine von H. Hertz aufgestellte Lösung der Maxwellschen Gleichungen; hier wird die Elektrizitätsbewegung als Leitungsstrom aufgefasst; das elektrostatische Feld in der Nähe des Erregungszentrums ist das eines elektrischen Dipols. Die Elektronentheorie sieht jene Elektrizitätsbewegung als Konvektionsstrom an. Jedoch lässt sich, wie A. Righi (S. 348—355) zeigt, die Hertzsche Lösung durch Hinzufügung gewisser Glieder so modifizieren, dass das elektrostatische Feld in der Nähe des Erregungspunktes das eines Elektrons ist; die ausgesandten Wellen haben hierbei dieselbe Form, wie bei Hertz. Demgemäss gilt für die Ausstrahlung eine gleichfalls von Hertz angegebene Formel. Schreibt man dem Elektron eine bestimmte potentielle, und eine bestimmte kinetische Energie zu (in letztere ist die magnetische einzurechnen), so gilt, wie M. Planck (S. 164 bis 174) im Anschluss an frühere Untersuchungen zeigt, für die Bewegungen, welche das Elektron unter dem Einflusse elektrischer Kräfte ausführt, die Differentialgleichung der unendlich kleinen, gedämpften Pendelschwingungen.

Auf den Mechanismus der Lichtemission be-

zieht sich auch eine Bemerkung von J. J. Thomson (S. 642—643). Ist μ der Brechungsindex eines Gases, so stellt sich, nach der Lorentzschen Dispersionstheorie, der Wert von $\mu^2 - 1$ für langwellige Strahlen als Summe positiver Glieder dar, die von den Wellenlängen der Eigenschwingungen, von Zahl, Ladung und Masse der schwingenden Elektronen abhängen. Nimmt man an, dass jedes Molekül des Heliums ein Elektron enthält, welches die gelbe Heliumlinie aussendet, so erhält man bereits einen zu grossen Wert für $\mu^2 - 1$. Man muss annehmen, dass die einen Moleküle Elektronen enthalten, welche die gelbe Linie aussenden, während die Elektronen anderer Moleküle andere Linien emittieren.

Die Lorentzsche Theorie der Lichtemission hat wohl die überzeugendste Bestätigung durch das von Zeeman entdeckte magnetooptische Phänomen erhalten. In einer Arbeit von W. Voigt (S. 366—376) wird die Frage diskutiert, ob die Lorentzsche Theorie ein analoges elektrooptisches Phänomen, eine Zerlegung der Spektrallinien im elektrischen Felde, voraussehen lässt. Es zeigt sich, dass durch geeignete Verallgemeinerung der Schwingungsgleichungen der Elektronen derartige Phänomene in die Elektronentheorie einzuordnen wären. Es ergiebt sich indessen, dass die zu erwartende Verbreiterung der Linie selbst im günstigsten Falle zu klein ist, um der Beobachtung zugänglich zu sein.

Eine Notiz von W. Kaufmann[1]) (S. 148 bis 151) bestimmt eine obere Grenze für die Schwingungsamplitude der Elektronen. Der Verfasser betrachtet die Energie eines Moleküls als zusammengesetzt aus der Energie der fortschreitenden Bewegung, und der der Elektronenschwingungen. Eine obere Grenze für die Energie, und somit für die Amplitude der Elektronenschwingungen erhält er, indem er nur ein Elektron im Molekül annimmt, und die ganze molekulare Energie den Schwingungen zuschreibt. Es ergiebt sich 10^{-8} cm als obere Grenze, also eine Grösse von der Ordnung des Radius der Wirkungssphäre eines Gasmoleküls. Wahrscheinlich wird diese obere Grenze keineswegs erreicht.

Eine Arbeit von W. Wien (S. 96—104) behandelt die Möglichkeit einer elektromagnetischen Begründung der Mechanik. Der Verfasser nimmt die Materie als zusammengesetzt an aus positiven und negativen elektrischen Elementarquanten. Er führt die Gravitation mit H. A. Lorentz darauf zurück, dass die anziehende Kraft zwischen ungleichnamigen Quanten in einem bestimmten Verhältnis grösser ist, als die abstossende zwischen gleichnamigen.

1) Vergl. diese Ztschr. 2, 283, 1901.

Die Trägheit der Materie wird als elektromagnetische Trägheit gedeutet, indem die kinetische Energie als elektromagnetische Feldenergie der bewegten Ladungen aufgefasst wird. Befinden sich die einzelnen Quanten in hinreichend grossem Abstand voneinander, so wird die Trägheit der Zahl der Quanten proportional sein. Da das letztere auch von der durch die Gravitation bestimmten Masse gilt, so folgt deren Proportionalität zu der Trägheit. Berücksichtigt man im Ausdruck der kinetischen Energie die Glieder, welche die Geschwindigkeit in der vierten Potenz enthalten, so ergiebt sich für die Bewegung unter dem Einfluss der Gravitation auf Grund gewisser vereinfachender Annahmen ein dem Weberschen verwandtes Gesetz. Die Gesetze, welche an die Stelle des ersten und zweiten Newtonschen Axioms treten, wird man erst dann in exakter Weise ermitteln können, wenn das Problem der ungleichförmigen Bewegung eines Elektrons gelöst ist. Doch gelingt es dem Verfasser, aus der Lösung für gleichförmige Bewegung gewisse Kriterien abzuleiten, die ein Urteil darüber gestatten, in welchen Fällen jene beiden Axiome angenähert ihre Gültigkeit behalten werden. Die Abweichungen von den Gesetzen der gewöhnlichen Mechanik, welche die elektromagnetische Theorie postuliert, dürften die Möglichkeit geben, für oder gegen diese Theorie durch das Experiment zu entscheiden. M. Abraham.

(Eingegangen 1. April 1901.)

Briefkasten.

Frage: Wie ist das in der Astrophysik gebräuchliche englische Wort „flash" treffend zu verdeutschen?

Antwort: Eine kurze Übersetzung des Ausdrucks „flash" ist mir nicht bekannt. Die wörtliche Übersetzung „Lichtblitz" würde gänzlich unverständlich sein, und daraus erkennt man, wie schlecht das Wort flash überhaupt gewählt ist; es wäre meiner Meinung nach schade, wenn es sich in der Astrophysik einbürgern sollte. Es ist ja auch nicht zu lang, wenn man die betreffende Erscheinung als das Aufleuchten der umkehrenden Schicht oder der emittierenden Gasschicht am Sonnenrande bezeichnet. Bei häufiger Wiederholung des Ausdrucks kann man ihn ja ruhig abkürzen.

Potsdam, 29. März 1901.

J. Scheiner.

Personalien.

Professor Adolf Hirsch, der Direktor der Sternwarte zu Neuenburg, ist am Dienstag in Bern gestorben. Er war ständiger Schriftführer der Internationalen Kommission für Maasse und Gewichte und bis vor kurzem Sekretär der Internationalen Vereinigung für Erdmessung.

Beim meteorologischen Institut zu Berlin ist der ständige Mitarbeiter Dr. Reinhard Süring zum Abteilungsvorsteher, der wissenschaftliche Hilfsarbeiter Dr. Johannes Edler zum ständigen Mitarbeiter ernannt worden.

Professor Heydweiller in Breslau nahm die Berufung als Ordinarius der Physik auf den physikalischen Lehrstuhl in Münster an Stelle des verstorbenen Prof. Ketteler an.

Der Privatdozent der Metallmikroskopie an der Technischen Hochschule zu Berlin, Ingenieur Heyn, wurde zum etatsmässigen Professor dortselbst ernannt.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 31. 4. Mai 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über den Bumerang.

Von Gilbert T. Walker.

Bumerangs können studiert werden ihres anthropologischen Interesses wegen, als Beispiel der Kunstfertigkeit eines Naturvolks [1]) oder als Veranschaulichung dynamischer Prinzipien. [2]) Indessen ist es ausserordentlich reizvoll, sie herzustellen und zu schleudern, und die sonderbaren und stets anmutigen Kurven zu beobachten, welche sie bei ihrem Fluge beschreiben. Demgemäss war es mein Hauptzweck in der folgenden Abhandlung, durch Mitteilung einiger Ergebnisse meiner zehnjährigen experimentellen Beschäftigung mit diesen Dingen die praktischen Schwierigkeiten der Sache zu verringern.

Diese Waffen der Australier sind nach Form und Grösse ausserordentlich verschieden; hingegen ist das Geschick der Eingeborenen, sie zu schleudern, in einigen Gegenden gross, in anderen sehr gering. Die wunderbaren Flugbahnen, die von früheren Forschern beschrieben wurden, sieht man heute nur selten; und, obgleich es nicht zu leugnen ist, dass mancher Eingeborene einen Bumerang 80 Meter fortschleudern kann, ehe er ihm zu Füssen fällt, so kenne ich nur einen glaubwürdigen Bericht von einem viel merkwürdigeren Wurfe. [3]) Hierbei beschrieb der Bumerang fünf Kreise in der Luft, indem er bis zu einer Entfernung von 90 m von dem Schleuderer fortflog, und bis zu einer Höhe von 45 m emporstieg.

Für unseren Zweck wird es passend sein, zwei Typen des Bumerang zu betrachten. Der erste (Fig. 1) ist etwa 80 cm lang, längs der Mittellinie gemessen, ist (bei B) annähernd in einen rechten Winkel gebogen, und besitzt den in Fig. 2 angegebenen Querschnitt. Er ist im

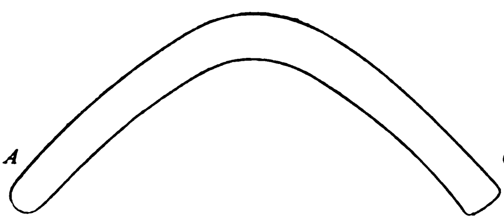


Fig. 1.

Fig. 2.

Mittelpunkt, bei B, etwa 6,5 cm breit und 1 cm dick; gegen die Enden A und C hin nehmen die Abmessungen des Querschnittes ein wenig ab. Sein Gewicht beträgt ungefähr 230 g. Die Arme sind aus der Ebene ABC heraustordiert nach Art von Windmühlenflügeln, indem sie, um die Linien BA, BC als Achsen, im Sinne einer rechtshändigen Schraube um 2 bis 3^0 gedreht sind. Diese Abweichung von der Ebene wird im folgenden mit „Torsion" bezeichnet werden, und die Eigentümlichkeit, dass eine Seite des Querschnittes (Fig. 2) stärker gewölbt ist, als die andere, wird die „Wölbung" genannt.

Die Bumerangs vom zweiten Typus (Fig. 3) sind ungefähr 70 cm lang und 7 cm breit; ihr Querschnitt ist dem in Fig. 2 angegebenen

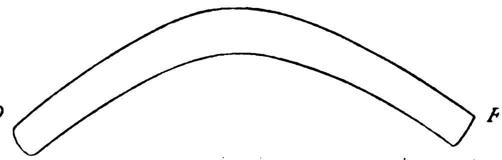


Fig. 3.

1) Vergl. »The Native Tribes of Central Australia« by B. Spencer and F. J. Giller (1899). Cap. XIX.

2) E. O. Endmann, Ann. d. Phys. u. Chem., **137**, 1869, 1; E. Gerlach, Zeitschr. d. Vereins z. Förd. d. Luftschiffahrt, **8**, 1886; G. T. Walker, London Phil. Trans. **190**, 1897, 23.

3) M. A. W. Horitt, Nature, 20. July 1876.

ähnlich. Die „Torsion" besitzt entgegengesetzten Sinn, und bedingt eine linkshändige Drehung von etwa 3^0 um *DE*, *FE* als Achsen.

Geschlossene Flugbahnen.

Einen Bumerang vom ersten Typus hält man so, dass die gewölbtere Seite nach links, die konkave Kante nach vorne zeigt. Man wirft ihn, mit vertikal gestellter Ebene, in horizontaler Richtung, indem man ihn in möglichst rasche Rotation versetzt. Die Ebene der Rotation bleibt nicht parallel der ursprünglichen Stellung, sondern sie besitzt eine Winkelgeschwindigkeit

1. um die Richtung der Translation und
2. um eine zu dieser senkrechte Linie in ihrer Ebene.

Die Wirkung von 2. zeigt sich darin, dass die Bahn sich nach links windet; infolge von 1. hingegen neigt sich die Rotationsebene nach rechts hinüber (d. h. sie rotiert im Sinne des Zeigers einer Uhr, die der Schleuderer anblickt) und ihre Neigung gegen die Vertikale wird binnen 2 Sekunden mit 30^0 vergleichbar. Die Winkelgeschwindigkeit (2) wird nunmehr bewirken, dass die Bahn sowohl in die Höhe steigt, als sich horizontal nach links krümmt.

Wenn der Bumerang einen nahezu vollständigen Kreis beschrieben hat, hat sein Impuls abgenommen, und er fällt beim Schleuderer zur Erde (s. die Figuren 4, 5, die Horizontal- und

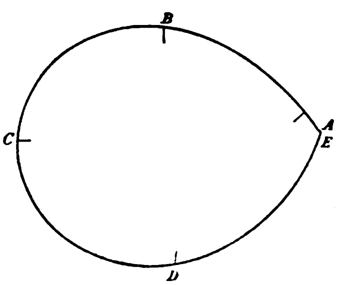


Fig. 4.

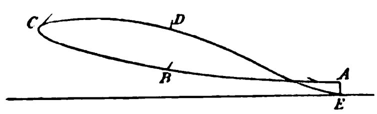


Fig. 5.

Vertikal-Projektion der Bahn darstellen; der Massstab der Zeichnungen ist etwa 1 : 1000).

Die Winkelgeschwindigkeit (1) nimmt zu mit zunehmender Torsion und Wölbung; ebenso mit zunehmenden Werten von cos ϑ, wo ϑ die Neigung der Ebene der Rotation gegen die Horizontalebene angiebt.

Die Winkelgeschwindigkeit (2) nimmt zu, wenn Torsion und cos ϑ zunehmen, und im allgemeinen auch, wenn die Wölbung wächst.

Wenn man wünscht, dass der Bumerang einen zweiten Kreis vor dem Schleuderer beschreiben soll (s. Fig. 6, 7), so muss man ihn

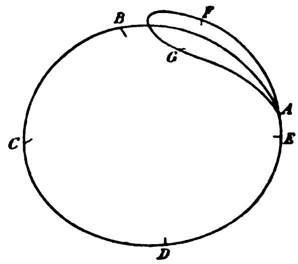


Fig. 6.

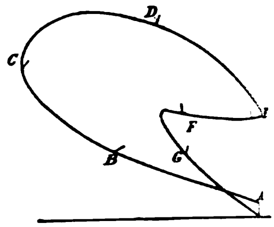


Fig. 7.

viel stärker werfen, so dass er, nach Vollendung eines Kreises, noch genügende Translationsgeschwindigkeit besitzt. Wenn das Geschoss seinen ersten Kreis beschrieben hat, und über dem Kopfe des Schleuderers sich befindet, so muss die Rotationsachse nach oben und nach vorne weisen; würde sie nach hinten weisen, so würde die folgende Bahn hinter seinem Rücken liegen, und es würde eine Figur von der Gestalt der Acht (s. Fig. 8, 9) möglich werden.

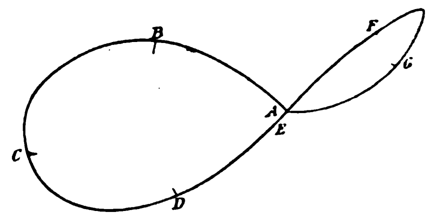


Fig. 8.

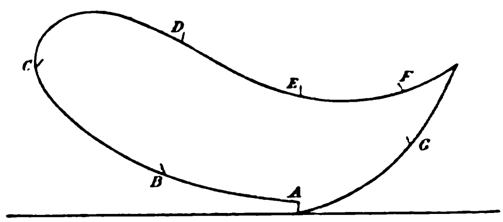


Fig. 9.

Um eine Wurfbahn mit einer zweiten, vor dem Schleuderer gelegenen Schleife zu erhalten, wählt man zweckmässig einen Bumerang von beträchtlicher Torsion und Wölbung, und wirft ihn mit nach links geneigtem Körper, so dass der Winkel ϑ, den die Rotationsachse mit der Vertikalen einschliesst, einen rechten Winkel etwas übersteigt. Die grössere Torsion wird bedingen, dass der erste Kreis einen kleineren Umfang besitzt und dass nach seiner Vollendung noch ein grösserer Weg übrigbleibt; und

die grössere Wölbung wird verhüten, dass die Rotationsebene zu frühe horizontal gestellt wird.

Um eine Bahnkurve von der Gestalt der Acht zu erhalten, ist geringere Wölbung oder grössere Rotationsgeschwindigkeit beim Werfen zu verlangen, und etwas nach aufwärts zu zielen, mit einem Winkel ϑ, der kleiner ist als ein rechter.

Es sind so viele Einzelheiten der Abänderung fähig, dass nur der Versuch zeigen kann, wie man die besten Resultate mit einem gegebenen Bumerang erzielt.

Die komplizierteste Kurve, die der Verfasser erhalten hat, ist die durch die Figuren 10, 11

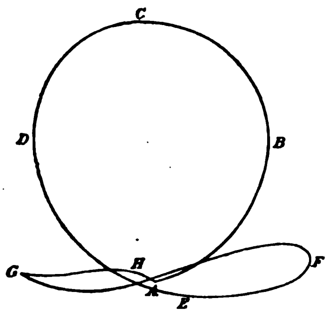


Fig. 10.

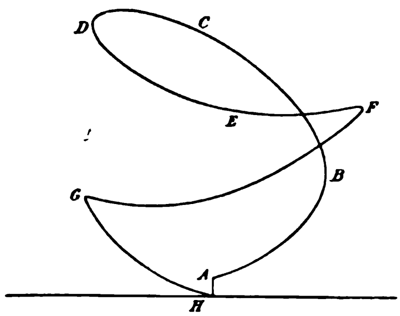


Fig. 11.

dargestellte. Aber es ist sicher, dass diese weit hinter dem zurückbleibt, was geschickte australische Eingeborene erreichen.

Wenn der Winkel zwischen den Armen zunimmt und Torsion und Wölbung ungeändert bleiben, so wächst die Winkelgeschwindigkeit (1), und es wird leichter, eine zweite Schleife hinten, als vorne zu erzielen. Wenn der Winkel 150^0 übersteigt, so ist die Winkelgeschwindigkeit der ersten Art so gross, dass es schwer wird, überhaupt eine Rückkehr des Bumerang zu erreichen.

Wenn die Torsion linkshändig ist, haben wir ein Exemplar vom zweiten Typus (Fig. 3) und es muss mit der gewölbteren Seite zu oberst geworfen werden und mit 30 bis 60^0 gegen die Horizontalebene geneigter Ebene der Rotation (d. h. $30^0 < \vartheta < 60^0$). Der Wurfwinkel (d. h. die Neigung der anfänglichen Translationsgeschwindigkeit gegen die Horizontalebene) muss etwa 45^0 betragen. Das Aufsteigen erfolgt nahezu in gerader Linie, bis die Translationsgeschwindigkeit klein wird; das Geschoss kehrt dann zurück längs einer Bahn, die der des Aufstieges nahe liegt. (Fig. 12, 13.)

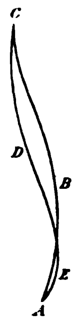


Fig. 12.

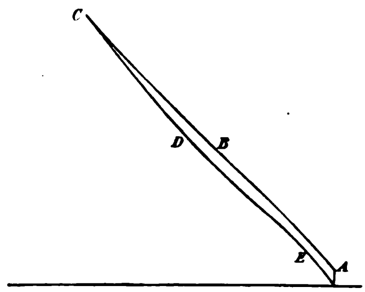


Fig. 13.

Ungeschlossene Flugbahnen.

Ein guter Bumerang vom zweiten Typus wird bis zu einer sehr beträchtlichen Entfernung in nahezu gerader Linie fliegen, wenn er in geeigneter Weise geworfen wird. Die Bewegung soll derjenigen eines Luftschiffes oder einer Flugmaschine ähnlich sein; die Rotationsebene muss nahezu horizontal bleiben, wenn auch etwas nach aufwärts geneigt, und die Flugbahn muss flach sein. Es wird so auf der unteren Seite des Geschosses ein Luftdruck hervorgerufen werden, der der Schwerkraft das Gleichgewicht hält, solange genügende Translationsgeschwindigkeit vorhanden ist. Der Bumerang wird sehr wenig nach oben geneigt geworfen, in einem Wurfwinkel, der 12^0 nicht übersteigt; die gewölbte Seite liegt zu oberst und ϑ beträgt anfangs ungefähr 30^0. Die Rotationsebene scheint bald dem Schleuderer annähernd horizontal zu werden, und sie bleibt es während des Fluges; das Geschoss erhebt sich bis zu einer Höhe von etwa 12 m über den Erdboden und fliegt in nahezu gerader Bahn, bis sein Translationsimpuls erschöpft ist; dann fällt es zur Erde in einer Entfernung von ungefähr 130 m vom Schleuderer.

Man sieht, dass die Winkelgeschwindigkeit (1) zuerst klein und positiv ist und nachher ganz verschwindet; die Winkelgeschwindigkeit (2) ist durchweg klein. Dieses sind die Folgen der linkshändigen Torsion und der Wölbung.

Beträchtliche Genauigkeit in der Anfertigung sowohl, wie beim Wurfe ist notwendig, wenn man die bestmöglichen Resultate erzielen will. Wenn die Rotationsebene sich nach rechts

hinüber neigt, so gleitet der Bumerang auf der geneigten Ebene herab. So wird die Bahn umgebogen und erheblich verkürzt. Man muss die richtige Beziehung finden zwischen Torsion, Wölbung und Winkel der Arme des Bumerang, Dichte des Materials, sowie Grösse und Richtung der anfänglichen Translations- und Rotationsgeschwindigkeit. Dies mag erläutert werden durch das erste Exemplar dieses Typus, das ich angefertigt habe; dieses flog weiter gegen den Wind als mit dem Winde. In ersterem Falle bleibt der Bumerang in ganz geringer Höhe, kaum über 6 m emporsteigend, und, sehr wenig durch Reibungswiderstand gehemmt, fliegt er etwa 125 m weit; im letzteren Falle verliert der Körper seine Energie, indem er bis zu einer Höhe von etwa 15 m aufsteigt, und fällt zur Erde in einer Entfernung von etwa 90 m.

Es ist sehr schwer, dem Bumerang genügende Rotationsgeschwindigkeit zu geben, um die Bewegung während eines langen Fluges stabil zu erhalten, und ich habe es vorteilhaft gefunden, um das Holz Kupferdraht von 60 g Gewicht in drei gleichen Stücken zu winden, ein Stück in der Mitte und je eins an jedem Ende. Dieses vergrössert erheblich das Trägheitsmoment um den Schwerpunkt, ohne anderweitig ernstliche Störungen zu bedingen. Ich habe einen belasteten Bumerang dieser Art 167 m weit geworfen, während ich mit einem kugelförmigen Ball vom halben Gewichte nicht über 63 m hinauskomme.

Art der Anfertigung.

Man nehme einen Klotz geradfaserigen Eschenholzes von etwa 90 cm Länge, 7 cm (oder 7,5 cm) Dicke und nicht weniger als 7 cm Breite. Der Klotz wird durch Dampf weich gemacht, dann in die gewünschte Form gebogen, und in dieser Form gehalten, bis er kalt und trocken ist; er wird dann in 1,3 cm dicke Stücke zersägt. Nachdem genügende Zeit verstrichen ist, wird jedes Stück zu einem Bumerang verarbeitet; das geeignetste Instrument hierfür ist der Hobel.

Es ist sehr wichtig, dass die äussere Kante, jedenfalls an der gebogenen Stelle, den Fasern des Holzes folgt. Wenn das Geschoss hart auf das Ende aufschlägt, so ist der Druck in der Mitte sehr stark, und in jedem Punkte, in dem die Richtung der Fasern die konvexe Kante schräge trifft, kann sich ein Riss bilden, und schliesslich ein Bruch.

Es ist das beste, das Material gleich in der endgültigen gewundenen Gestalt herauszuschneiden, nicht die Torsion durch neues Eindampfen und Biegen zu erzielen. Beträchtliche Sorgfalt ist hierbei erforderlich, denn die Entfernung einer Holzschicht von 1 mm Dicke wird, wenn sie Zunahme oder Abnahme der Torsion bedingt, eine merkliche Abweichung der Flugbahn verursachen. Man wird finden, dass es das Werfen erleichtert, wenn man demjenigen Ende des Bumerang, das in der Hand gehalten wird, die etwas eckige Form giebt, die in den Figuren 1 und 3 auf der rechten Seite angedeutet ist.

Es ist schwierig, ein Werfen des Holzes zu verhindern; die Bumerangs gehen seltener entzwei, wenn der Boden feucht und weich ist, und unter diesen Umständen wird die Feuchtigkeit im allgemeinen vom Holze eingesogen.

Es ist sehr vorteilhaft, die Oberfläche des Bumerang mit feinem Schmirgelpapier zu glätten und ihn mit Leinöl zu tränken. Die hierdurch bedingte Zunahme der Dichte ist von Nutzen, da sie die hemmende Wirkung des Reibungswiderstandes der Luft vermindert.

Ich habe künstlich gebogenes Eichenholz als Material verwandt, aber es nicht so schwer und stark gefunden wie Eschenholz; natürlich gebogene Eichenäste sind nicht schwer zu erhalten, aber Bumerangs, die aus solchen angefertigt sind, sind geneigt zu brechen an Stellen, wo Knoten oder sonstige Unstetigkeiten im Holze sind.

Entwickelung.

Bumerangs von den verschiedensten Formen sind noch jetzt in Australien zu finden und es scheint unmöglich, direkte historische Anhaltspunkte für die Art der aufeinander folgenden Stadien der Entwickelung zu erhalten.. Aber wenn eine Vermutung erlaubt ist, so mag diese Reihenfolge vorgeschlagen werden.

Zuerst würden wir eine rohe Art von hölzernen Schwertern haben, gekrümmt, aber ohne Wölbung und Torsion, und mit zu einem Griffe abgerundeten Ende. Wenn das ausersehene Opfer mit dem Schwerte nicht zu erreichen war, so lag es nahe, die Waffe zu werfen, und auf kurze Strecken war dieses ausserordentlich wirksam. Schlechte Arbeit würde häufig die Herstellung von Waffen zur Folge haben, deren Seiten ungleich gewölbt sind; und man würde bald gefunden haben, dass diese Geschosse, wenn sie mit der gewölbten Seite zu oberst geschleudert werden, viel weiter und gerader fliegen als andere.

Bumerangs von dieser Art variieren in der Länge von 50—110 cm und im Gewichte von 200—1250 g. Sie sind meist in scheinbar ganz willkürlicher Weise tordiert und bilden die grosse Mehrzahl der jetzigen Waffen der Eingeborenen. Leichte Exemplare mit geringer linkshändiger Torsion können eine ziemlich gerade Bahn besitzen von 100 m und können zurückkehren, wenn man stark nach oben zielt, besonders wenn man gegen den Wind wirft.

Diejenigen, die in einem hinreichend grossen Winkel gebogen sind, und gerade zufällig tordiert sind (entweder infolge unsorgfältiger Herstellung oder weil das Holz sich geworfen hat[1]) im Sinne einer rechtshändigen Schraube, sind Bumerangs vom ersten Typus. Bei manchen derselben ist die Torsion so gross, dass sie auffällt, und wenn einmal der Zusammenhang zwischen Gestalt und zurückkehrendem Fluge bemerkt ist, so ist die Entwicklung des Bumerang abgeschlossen.

1) Dies mag erläutert werden durch die Thatsache, dass der Verfasser, als er begann, Bumerangs anzufertigen, nur wusste, dass eine Wölbung notwendig war; aber die beiden ersten Exemplare, die er anfertigte, hatten zufällig rechtshändige Torsion und kehrten erstaunlich gut zurück.

(Aus dem Englischen übersetzt von M. Abraham.)

(Eingegangen 31. März 1901.)

Statistische Strahlungstheorie.[1])

Von J. D. van der Waals jr.

Meine Überzeugung von dem grossen Werte der statistischen Betrachtungen von Boltzmann über den gasförmigen Zustand hat mich veranlasst, zu versuchen, die Strahlungserscheinungen auf ähnliche Art zu erklären. Es besteht nämlich eine wesentliche Übereinstimmung zwischen den Erscheinungen der Strahlung und denen der Wärme. Beide sind dem Entropie-Gesetz unterworfen, was darin seinen Grund hat, dass bei beiden die mechanischen Gesetze der Natur nur genügen, die Vorgänge innerhalb der einzelnen Moleküle zu bedingen, aber dass man zur Erklärung der Weise, in welcher die mechanischen Bewegungen der einzelnen Moleküle zu der Beobachtung zugängliche Vorgänge zusammenwirken, auch der Wahrscheinlichkeitsgesetze bedarf.

Herr Planck hat für seine Darstellung der Strahlungserscheinungen schon statistische Betrachtungen benützt. Seine ursprüngliche Absicht war aber nicht, eine statistische Theorie zu entwerfen. Erst allmählich ist er zu statistischen Betrachtungen gekommen, und nur da, wo sie ganz unumgänglich sind. Ausserdem unterwirft er die grosse Menge der Strahlen den Wahrscheinlichkeitsgesetzen, während ich meine, dass es den Vorzug verdient, die Wahrscheinlichkeitsgesetze nur für die grosse Menge der strahlenden Moleküle anzuwenden, da die grosse Menge der Strahlen doch nur von der grossen Menge der Moleküle herrührt. Darum glaube ich, dass eine konsequente statistische Strahlungstheorie eine noch tiefere Einsicht in die Strahlungserscheinungen geben kann als Herrn Plancks Theorie.

1) Ausführlich in des Verfassers Dissertation. Amsterdam 1900.

Zunächst ist es nun erforderlich, eine Vorstellung von dem genauen Zustand des Äthers im durchstrahlten Felde zu entwerfen, analog mit dem Gesetze von Maxwell für die Verteilung der Geschwindigkeiten der Moleküle. Betrachten wir einen Punkt P ausserhalb eines Raumelementes, welches eine grosse Menge strahlender Moleküle enthält und nehmen wir an, dass die Schwingungen der Moleküle voneinander unabhängig sind, so sind die elektrischen Momente der Moleküle in einer gewissen Richtung ebenso wahrscheinlich, als in der entgegengesetzten. Fände die wahrscheinlichste Verteilung der Momente der Moleküle statt, so würden also die Momente einander gerade aufheben und keine Strahlung würde nach P gelangen.

Die wahrscheinlichste Verteilung selbst ist aber sehr unwahrscheinlich und es werden Abweichungen stattfinden, die der Wurzel aus n proportional sind, wo n die Anzahl der Moleküle ist. Die elektromagnetischen Kräfte in P sind also auch der Wurzel aus n proportional, und die Energie, welche dem Quadrate der Kräfte proportional ist, wird der Anzahl (n) der Moleküle proportional sein.

Dieses gilt aber nur von der wahrscheinlichsten Kraft (f) in P; die Wahrscheinlichkeit, dass die Kraft zwischen f und $f + df$ liegt, ist:

$$\alpha\, e^{\frac{f^2}{f_1^2}}\, df$$

Diese Ableitung ist aber nur annäherungsweise gültig. Wir haben nämlich vorausgesetzt, dass die Schwingungen der Moleküle voneinander unabhängig seien, und das ist in Wirklichkeit nicht der Fall. Die Moleküle werden die von den benachbarten Molekülen ausgestrahlten Kräfte teilweise absorbieren, und so wird eine partielle Ordnung in den molekularen Schwingungen entstehen. Das Gesetz, nach welchem die Schwingungen geordnet sind, habe ich noch nicht bestimmen können. Ich glaube, dass es erforderlich ist, dieses Gesetz zu bestimmen, ehe man den vollständigen Wert der Entropie einer strahlenden Gasmasse finden wird.

Die teilweise Ordnung der Schwingungen der Moleküle hat aber noch eine andere wichtige Folge. Moleküle, die sich in ihrem wechselseitigen Strahlungsfelde befinden, werden auch ponderomotorische Kräfte aufeinander ausüben. Ob diese Kräfte anziehend oder abstossend sind, ist von dem Phasenunterschied der Schwingungen abhängig. Wären nun die Schwingungen der benachbarten Moleküle von-

einander unabhängig, so wäre Abstossung und Anziehung gleich wahrscheinlich.

Die teilweise Ordnung der Schwingungen aber veranlasst, dass die anziehenden Kräfte überwiegen. Ich habe mir darum die Frage gestellt, ob vielleicht die molekulare Attraktion nichts anderes sei, als diese ponderomotorische Wirkung der Strahlung, oder ob diese so gering sei, dass es notwendig wäre, obendrein noch eine Kraftwirkung anderer Art zwischen den Molekülen anzunehmen.

Da ich das Gesetz der Ordnung nicht habe bestimmen können, war auch eine genaue Berechnung der Kräfte unmöglich. Auch ist für eine genaue Berechnung der Bau der Moleküle noch viel zu wenig bekannt. Eine vorläufige Berechnung aber ergab einen Wert für die Energie der Strahlungskräfte, dessen Grössenordnung nicht zu sehr von der molekularen Energie abweicht.

Ich hoffe, später in der Lage zu sein, diese Hypothese genauer zu prüfen.

(Eingegangen 14. April 1901.)

REFERATE.

Geophysik.

Besorgt von Prof. Dr. E. Wiechert.

W. van Bemmelen. Die Säkular-Verlegung der magnetischen Achse der Erde. Appendix I zu Observations made at the Royal Magnetical and Meteorological Observatory at Batavia. **22**, 1900 8⁰. 30 Seiten. 1 Karte.

Untersuchungen über die Säkularvariation des Erdmagnetismus werden durch unsere Unkenntnis über den absoluten Wert des erdmagnetischen Feldes für frühere Epochen ausserordentlich erschwert. Dieses Hindernis fällt fort, wenn es sich um die säkulare Verlegung der magnetischen Achse der Erde handelt; sie lässt sich allein aus der säkularen Änderung der Deklination für alle Orte der Erde berechnen, falls man nur für eine ausreichende Anzahl von Orten genügend sichere Beobachtungen besitzt, um die Verhältnisse der verschiedenen Epochen durch Isogonen darzustellen. Dies ist aber der Fall; wir besitzen in den Karten des Verf.'s[1]) für die Epochen 1500, 1550, 1600, 1650, 1700 und den Neumayerschen Karten für 1885 und 1900 von anderen ganz abgesehen, ein vorzügliches Material, das nun hier auch zur Verwendung kommt.

Die magnetischen Meridiane aller Orte der Erde schneiden sich nicht in je einem Punkte auf den beiden Halbkugeln. Es lässt sich jedoch ein Punkt definieren, den man als Austrittspunkt der Achse bezeichnen kann, und der von allen Meridianen so wenig wie möglich entfernt ist. Der Verf. definiert ihn so, dass die Summe der Quadrate der Entfernungen des auf eine Tangentialebene projizierten Punktes von allen projizierten Meridianen ein Minimum ist.

Es werden nun für jede Epoche aus den oben genannten Karten Werte der Deklination für regelmässig über die Erde verteilte Orte entnommen, für jeden Parallel daraus der Achsenpunkt berechnet und diese 13 Werte dann mit verschiedenem Gewichte zu einem zusammengefasst. Für die Epoche 1885 ergab sich so z. B. die Lage der Achse zu

van Bemmelen	$\lambda = 68^0\ 53'$,	$\varphi = 78^0\ 2'$
Neumayer	67 17,	78 20
Schmidt	68 30,	78 34

was eine sehr gute Übereinstimmung ist. Zerlegt man die Erdoberfläche in drei Zonen, so geben diese folgende Achsenpunkte

60⁰N—30⁰N,	$\lambda = 82^0$,	$\varphi = 80^0$
20 N—20 S	77,	78
30 S—60 S	48,	74

dies nennt der Verf. eine Tordierung der magnetischen Achse. Es sei noch bemerkt, dass das Gewicht, mit dem die Normalgleichungen zusammengefasst werden, für alle Epochen dasselbe, nämlich $\frac{H^2\varphi}{\cos\varphi}$ war, wo $H\varphi$ der für den Parallel der Breite φ zu bildende Mittelwert der Horizontal-Intensität ist.

Ausser 1885 werden noch die Epochen 1600, 1650, 1700, 1770 und 1842—45 auf die dargestellte Art bearbeitet. Dies führt zur Konstruktion einer regelmässigen Bahn für die säkulare Achsenverlegung. Eine Differentiation der Normalgleichungen giebt für die Epochen die Richtung der Säkularvariation und sichert so die Zeichnung der Kurve.

Der Verf. vergleicht diese Bahnkurve nunmehr mit den Isochasmen und den Nachstörungsmeridianen. Unter „Nachstörung" versteht man den ruhigen Zustand des Erdmagnetismus nach einer Störung. Die Variationen unterscheiden sich während einer Nachstörung durch nichts von dem Zustande vor der Störung, dagegen hat die Störung eine Parallelverschiebung, eine relativ dauernde Vergrösserung oder Ver-

1) W. van Bemmelen: Die Abweichung der Magnetnadel etc. bis zur Mitte des 18. Jahrh. Suppl. zu **21**, Observ. of Batavia 1899.

kleinerung des Gesamtwertes hervorgebracht. Van Bemmelen, dem wir die Untersuchung dieser Erscheinung neben Chree hauptsächlich verdanken, betrachtet die Nachstörung als eine zeitweilige Verschiebung der Achse, welcher Zustand so lange erhalten bleibt, als die störenden Stromwirbel existieren. Er vermutet, dass der Nordenskiöldsche Nordlichtpol auch Pol für die Nachstörungen ist. „Nachstörungsmeridiane" sind die Meridiane während der Nachstörung. Er kommt zu dem Resultate: „Wenn von cirkumpolarer Bewegung des magnetischen Achsenpunktes die Rede sein kann, so findet sie nicht um den Rotationspol der Erde, sondern um den Nordlichtpol statt."

Auch die Bahn des magnetischen Nordpoles leitet der Verf. ab und findet als Distanz zwischen ihr und der Achsenbahn für jede Epoche fast denselben Wert, nämlich 10^0 5.

Bemerkenswert ist noch, dass der Verf. zu der Mutmassung geführt wird, dass auf die Lage der Achse meteorologische Verhältnisse von Einfluss seien. A. Nippoldt.

(Eingegangen 14. März 1901.)

Technische Mechanik.
Besorgt von Prof. E. Meyer.

W. H. Lindley, M. Schröter und H. F. Weber, Versuche an einer Dampfturbine mit Wechselstrommaschine. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1900, Heft 26/27.

Die Stadt Elberfeld hatte im Jahre 1898 bei der Firma C. A. Parsons in Newcastle on Tyne eine Dampfturbinenanlage zum Betriebe einer elektrischen Centrale in Auftrag gegeben. Im Januar 1900 haben unter Leitung der im Titel genannten Sachverständigen die Abnahmeversuche stattgefunden, deren Ergebnisse von besonderem Interesse sind, weil die Elberfelder Anlage wohl die erste Dampfturbinenanlage in grossem Massstab ist. Die Anlage besteht aus zwei Turbinen mit je einer angekuppelten Wechselstromdynamo von 1000 K.-W.-Leistung bei 4000 Volt Spannung, 50 Perioden in der Sekunde, mit einer Phasenverschiebung bis herab zu $\cos\varphi = 0{,}8$ und 1500 minutlichen Umdrehungen. Die Versuche bezogen sich hauptsächlich auf Leistung, Dampfverbrauch und Regulierfähigkeit der Anlage. Zur Messung der elektrischen Leistung diente ein Präzisions-Wattmesser zusammen mit einem induktionslosen Widerstand von 40000 Ohm, zur Messung der Spannung ein elektrostatischer Voltmesser Kelvinscher Art, zur Ermittelung der Phasendifferenz ein weiterer Hitzdraht-Ampèremesser. Für die Belastung der Maschine bei der Messung des Dampfverbrauches war ein Wasserwiderstand derart hergerichtet, dass die Maschine mit $^1/_4$, $^2/_4$, $^3/_4$, $^4/_4$ Normalbelastung arbeiten konnte. Ausserdem wurde die Maschine bei Leerlauf und bei 20 Prozent Überlastung untersucht. Bei induktionsloser Belastung fand sich ein Abfall der Spannung von rund 1 Prozent bei Vollbelastung gegenüber Leerlauf. Bei induktiver Belastung (durch Einschaltung einer grossen Spule mit Eisenlamellen) und $\cos\varphi = 0{,}78$ war der Spannungsabfall rund 11 Prozent. Beide Werte sind ausserordentlich klein im Vergleich zu anderen guten Wechselstrommaschinen. Mit Hilfe der gefundenen Werte konnte der Widerstand der Armaturwindungen $W = 0{,}05$ Ohm, der Induktionskoeffizient der Armatur $L = 0{,}008$ Henry berechnet werden.

Jede der beiden Dampfkraftmaschinen besteht aus je einer Hoch- und einer Niederdruckturbine. Der Dampf tritt mit einer Spannung von 10,5 Atmosphären und im Mittel $14{,}3^0$ Überhitzung in die Maschine ein, so dass er eine Temperatur von 195^0 hat, und tritt mit 0,05 Atmosphäre aus der Niederdruckturbine in einen Kondensator, den das Kondensat mit 30^0 verlässt. Im Betriebe ist Überhitzung bis zu 50^0 Temperaturerhöhung vorgesehen. Der spezifische Dampfverbrauch ergab sich bei Vollbelastung zu 9,14 kg pro K.W.-Stunde und stieg bei Viertelbelastung auf 15,31 kg. Da der Wärmeinhalt des eintretenden Dampfes 667 Kalorien beträgt, so ergiebt sich danach, dass bei Vollbelastung 14,2 Prozent der im Dampfe enthaltenen Wärme in elektrische Arbeit umgewandelt wurden. Die Umlaufzahl der Turbine änderte sich bei allmählichem Übergang von Vollbelastung zum Leerlauf um 3,6 Prozent. Die Maschine hat einen Centrifugal- und einen elektrischen Regulator. Bei Anwendung des ersteren stieg durch plötzliche Entlastung um 20 Prozent der Normallast die Geschwindigkeit um rund 1 Prozent, die Spannung um 1,3 Prozent. Der elektrische Regulator verkleinert die Geschwindigkeit bei abnehmender Belastung, und zwar bei 25 Prozent plötzlicher Belastungsänderung um 0,85 Prozent unter gleichzeitiger Änderung der Spannung um 1,1 Prozent.

P. Roth.

(Eingegangen 23. März 1901.)

N. Petroff, Über mittelbare Reibung. Revue de Mécanique, 30. November 1900.

Der Verfasser wendet die Gleichung für die mittelbare Reibung auf cylindrische Tragzapfen an:

$$F = \frac{\mu v Q}{\varepsilon + \frac{\mu}{\lambda} + \frac{\mu}{\lambda_1}}.$$

Darin bedeutet F den Reibungswiderstand, μ den Koeffizienten der inneren Reibung des Schmiermaterials, λ und λ_1 die Koeffizienten der äusseren Reibung des Öles an Zapfen- und Lagerfläche, ε die Dicke der Schmierschicht, v die Umfangsgeschwindigkeit des Zapfens, Q die Lagerfläche. In Übereinstimmung mit Versuchen von Hirn hat Verfasser gefunden, dass der Ausdruck

$$m = \varepsilon + \frac{\mu}{\lambda} + \frac{\mu}{\lambda_1}$$

unabhängig ist von der Art des Schmieröles und von der Umfangsgeschwindigkeit, so dass sich die Reibungswiderstände bei Verwendung verschiedener Öle, aber konstanter Geschwindigkeit und konstanter Belastung des Zapfens verhalten wie die Koeffizienten μ der inneren Reibung. Diese Koeffizienten hat der Verfasser mit Hilfe eines eigens dazu gebauten Apparates für eine grosse Anzahl von pflanzlichen und mineralischen Ölen bei verschiedenen Temperaturen bestimmt. Die Kurve, deren Abscissen Temperaturen, deren Ordinaten innere Reibungskoeffizienten sind, nennt Verfasser die Charakteristik des Öles. Bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass der Wert von m nicht absolut konstant genannt werden kann, sondern um so mehr abnimmt, je näher der Abscissenachse die Charakteristik verläuft, d. h. je geringer die Viskosität des Öles ist.

Bedeutet Δ die Wärmeleitungsfähigkeit der reibenden festen Körper, t die Temperatur der Schmierschicht, t_0 die Temperatur der umgebenden Atmosphäre, E das mechanische Wärmeäquivalent, so ist die durch die Reibung in der Zeiteinheit erzeugte Wärme ausgedrückt durch

$$\frac{Fv}{E} = \frac{\mu v^2 Q}{\left(\varepsilon + \frac{\mu}{\lambda} + \frac{\mu}{\lambda_1}\right) E} = \Delta (t - t_0),$$

mithin $$tg\,\varphi = \frac{\mu}{(t - t_0)} = \frac{\varepsilon + \frac{\mu}{\lambda} + \frac{\mu}{\lambda_1}}{Q v^2} E \Delta,$$

wenn φ der Winkel ist, den die Verbindungsgerade des Punktes t_0 auf der Abscissenachse und des Punktes (μt) auf der Charakteristik des verwendeten Öles mit der Abscissenachse bildet. Für ein anderes Öl wird

$$tg\,\varphi' = \frac{\mu'}{t' - t_0} = \frac{\left(\varepsilon' + \frac{\mu'}{\lambda'} + \frac{\mu'}{\lambda'_1}\right)}{Q v^2} E \Delta = tg\,\varphi,$$

wenn v in beiden Fällen gleich. Mit Hilfe dieser Beziehung kann man die Lagertemperatur für jedes Öl graphisch ermitteln, wenn die Temperatur t für ein anderes durch Versuch festgestellt ist, und die Charakteristiken beider Öle gegeben sind, indem man die Gerade durch den Punkt t_0 unter dem Winkel φ zum Schnitt bringt mit der Charakteristik des neuen Öles. In den Ordinaten der Schnittpunkte der Geraden mit den Charakteristiken der Öle hat man ein Mass für die in beiden Fällen zu überwindende Reibung.

Für verschiedene Geschwindigkeiten hat man

$$tg\,\varphi_1 = \left(\frac{v}{v_1}\right)^2 tg\,\varphi.$$

Zieht man also durch denselben Anfangspunkt t_0 eine Gerade unter dem leicht zu berechnenden Winkel φ_1, so erhält man in den Ordinaten der Schnittpunkte mit den Charakteristiken verschiedener Öle einen Massstab für die bei der Geschwindigkeit v_1 auftretende Reibung.

Ändert sich die Temperatur t_0 der Umgebung, so zieht man durch den neuen Anfangspunkt t_0' eine Parallele unter dem Winkel φ, welcher der jeweiligen Geschwindigkeit entspricht.

Um der Zunahme von m bei grösserer Viskosität Rechnung zu tragen, ist bei starker Abweichung des Verlaufes der Charakteristik des neuen Öles von der Charakteristik des bisher benutzten eine Korrektur anzubringen nach einer empirischen Formel, die auf Grund sehr zahlreicher Versuche hergeleitet ist und deren Anwendung befriedigende Resultate liefert.

Für verschiedene Belastung des Zapfens hat sich durch Versuche ergeben, dass man

$$\left(\varepsilon + \frac{\mu}{\lambda} + \frac{\mu}{\lambda_1}\right)\sqrt{p} = \text{konst.}$$

setzen kann, worin p der spezifische Lagerdruck ist. Die dargelegte graphische Methode zur Ermittelung der Reibungswiderstände für beliebige Verhältnisse ermöglicht es, in sehr einfacher Weise unter verschiedenen Schmiermaterialien dasjenige auszuwählen, für welches die Summe der Kosten für Schmierung einerseits und Überwindung des Reibungswiderstandes andererseits am kleinsten wird, wenn Versuche mit einem der Öle vorliegen und die Charakteristiken aller in Frage kommenden Öle bekannt sind. Dabei ist der Schmiermaterialverbrauch (z. B. in Kilogramm pro Achsenkilometer bei Eisenbahnen) für alle Öle gleich angenommen.

P. Roth.

(Eingegangen 22. März 1901.)

BESPRECHUNGEN.

L. Cerebotani, Meine Telegraphie. Lex. 8. 257 Seiten mit 158 Textabbildungen. München, Th. Ackermann. 1900. Preis Mk. 6.—.

Verfasser giebt eine rein objektive Darstellung seiner Neuerungen auf dem Gebiete der Telegraphie. Zunächst behandelt er in dem ersten Kapitel sein neues polarisiertes Relais, welches bei beliebig starken und selbst bei den schwächsten Strömen anspricht, welches ferner auf Stromstösse von schnellster Folge reagiert, dessen Polarisierung keiner Veränderung durch die Stromveränderung unterliegt und das endlich nur Ströme bis zu bestimmten Grenzen wiedergiebt. (Schrankenrelais.) Unter den vielen Anwendungen, die Cerebotani von seinem Relais macht, sei hier nur erwähnt, dass es mittelst desselben möglich ist, von einer beliebigen Station vermittelst ein und desselben Leitungsdrahtes bei Verwendung eines Stromes gewisser Intensität eine andere Station, an der sich ein für diese Stromintensität empfängliches Relais befindet, ausschliesslich anzurufen.

Das zweite Kapitel des ersten Teils hat zum Gegenstand ein neues Verfahren samt den dazu gehörigen Vorrichtungen zur Übermittelung von Morsezeichen. In der Hauptsache besteht dieses System darin, dass das ganze jeweilig zu übermittelnde Morsezeichen durch das einfache Niederdrücken einer Taste einer Morseschriftklaviatur entsendet wird.

Im folgenden Kapitel werden die Einrichtungen einer Qui-Quo-Libet-Telegraphie, bezw. auch von Laien zu bedienenden Vorrichtungen zur Beförderung von Typendruck-Depeschen auseinandergesetzt.

Ein besonderes interessantes Objekt bespricht das vierte Kapitel: die Übertragung von Schriftzügen. Im Gegensatz zu den bisher bekannten telegraphischen Kopierverfahren erfolgt die Niederschrift am Empfangsort gleichzeitig mit der Niederschrift auf der Sendestation.

Den ersten Teil beschliesst ein Kapitel über Fernschaltvorrichtungen.

Die zwei Kapitel des zweiten Teiles gelten der gleichzeitigen und absatzweisen Vielfachtelegraphie sowohl mit Morseschrift als auch in Typendruck.

Der dritte Teil beschäftigt sich mit der Anordnung eines Typendruckapparates für drahtlose Telegraphie und der Autometeoro-Telegraphie, d. h. mit Apparaten zum selbstthätigen Registrieren des Standes meteorologischer Instrumente auf beliebige Entfernungen mittelst einer einzigen Leitung.

Den Schluss bildet eine kosmologisch-ontologische Erwägung über die Frage: „Was ist die Elektrizität?“

Ohne im einzelnen an dieser Stelle auf die äusserst sinnreichen, in den Werkstätten von C. Moradelli München hergestellten Cerebotanischen Apparatkonstruktionen eingehen zu können, mag doch darauf hingewiesen werden, dass dieselben sich durch ihre grössere Leistungsfähigkeit, durch leichtere Handhabung, Zuverlässigkeit und Echtheit der telegraphischen Mitteilungen gegenüber den bestehenden Methoden vielfach auszeichnen. In zahlreichen praktischen Versuchen, die sowohl von der bayerischen als auch von der italienischen Postbehörde vorgenommen wurden, haben sich die bis ins kleinste hinein genial durchdachten Apparate vollkommen bewährt und ihre praktische Brauchbarkeit erwiesen.

Auf die wichtigsten Cerebotanischen Telegraphenapparate soll demnächst im einzelnen näher eingegangen werden. E. Ruhmer.

(Eingegangen 8. März 1901.)

Friedrich Dolezalek, Die Theorie des Bleiakkumulators. gr. 8. VII u. 122 Seiten mit Figuren. Halle a. S., Wilhelm Knapp. 1901. Preis Mk. 6.—.

Der Bleiakkumulator hat sich trotz seiner zahlreichen Mängel bisher gegen alle seine Mitbewerber siegreich behauptet. In der Hoffnung, ihn technisch brauchbarer zu gestalten, hat man sein Verhalten auf das gründlichste studiert, ohne dass aber dadurch eine wesentliche Förderung über Planté und Faure hinaus zu verzeichnen gewesen wäre. War so der Bleiakkumulator ein Kreuz für die Technik, so war er bis in die jüngste Zeit ein noch weit ärgeres für die Theorie. An ein förderndes Eingreifen derselben für die Ausgestaltung des Apparates war nicht zu denken, solange die theoretische Forschung sich noch nicht von den empirisch aufs eingehendste untersuchten Eigenschaften des Akkumulators befriedigende Rechenschaft zu geben wusste.

In neuerer Zeit ist der Akkumulator wieder in den Vordergrund des Interesses gerückt, indem verschiedene Vorstellungsweisen einander bekämpften, durch welche die chemischen Vorgänge an den beiden Elektroden gedeutet werden sollten. Insbesondere kamen dabei die Theorien in Betracht, welche Le Blanc, Elbs und Liebenow entwickelt hatten. In den Streit griff der Verfasser der vorliegenden Schrift ein, indem er thermodynamische Betrachtungen auf

den Akkumulator anwendete und insbesondere zeigte, dass der Akkumulator den Bedingungen genügt, welche an ein reversibel arbeitendes System zu stellen sind.

Damit aber müssen alle diejenigen Theorien hinfällig werden, welche für die Vorgänge im Akkumulator sekundäre Prozesse annehmen, d. h. solche, welche mit einem Verlust an freier Energie verbunden sind. Andere Untersuchungen, welche die Anwendbarkeit der osmotischen Theorie auf den Akkumulator darthaten, schlossen sich an und es erschien nunmehr an der Zeit, den früheren zusammenhängenden Darstellungen über den Akkumulator, die sich naturgemäss mehr mit der praktischen Seite befassten, eine ausführliche Darstellung der Theorie des Bleiakkumulators an die Seite zu stellen.

Der Verfasser teilt seinen Stoff in folgender Weise ein:

1) Chemische Theorie der Stromerzeugung.
2) Thermodynamische Theorie der Stromerzeugung.
3) Osmotische Theorie der Stromerzeugung.
4) Änderung der elektromotorischen Kraft mit der Säurekonzentration.
5) Änderung der Elektrodenpotentiale mit der Säurekonzentration.
6) Der Temperaturkoeffizient.
7) Einfluss des äusseren Druckes.
8) Verhalten bei Ladung und Entladung.
9) Die Reversibilität.
10) Vorgänge in der offenen Zelle.
11) Der innere Widerstand.
12) Kapazität.
13) Wirkungsgrad und Nutzeffekt.
14) Vorgänge in der Zelle während der Formation.
15) Messungsmethoden.
16) Tabelle über Dichte und Prozentgehalt von Schwefelsäure-Wasser-Gemischen.

Man muss nach der Lektüre des Buches zugestehen, dass der Bleiakkumulator, der den Bemühungen der theoretischen Forschung solange Widerstand geleistet hat, jetzt geradezu zu einem Schulbeispiel für die Elektrochemie geworden ist. Wie ein Philologe wohl einmal ein Werk herausgreift, um an dessen Betrachtung, Ergänzung, Deutung etc. sämtliche philologische Künste in helles Licht zu setzen, so dienten dem Verfasser die Vorgänge im Akkumulator dazu, um die Hilfsmittel, welche die neuere Elektrochemie bietet, in ihrer praktischen Bedeutung zu zeigen.

Das Buch wird also nicht nur demjenigen, welcher sich über den Akkumulator zu informieren wünscht, nützlich sein, sondern es wird sich auch dem als wertvoll erweisen, welcher die Ergebnisse der neueren Elektrochemie sich an einem praktischen Beispiel zu eigen zu machen wünscht. A. Coehn.

(Eingegangen 23. März 1901.

P. Volkmann, Einführung in das Studium der theoretischen Physik, insbesondere in das der analytischen Mechanik, mit einer Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis. gr. 8. 370 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1900. Preis M. 14.—.

W. Voigt, Elementare Mechanik als Einleitung in das Studium der theoretischen Physik. Zweite umgearbeitete Auflage. gr. 8. 578 S. Mit 56 Figuren im Text. Leipzig, Veit & Co. 1901. Preis M. 14.—.

Dass die Mechanik eine mathematische Wissenschaft sei, die sich ähnlich wie die Geometrie aus einigen wenigen Axiomen oder Prinzipien rein deduktiv entwickeln lasse, gilt seit Lagrange als ein feststehender Grundsatz; auch ist es unverkennbar, dass in ihr die spezifisch mathematischen Probleme und Methoden einen breiteren Raum einnehmen als in irgend einer anderen Naturwissenschaft. Demgemäss haben auch die meisten Lehrbücher dieser Disziplin, wenigstens die deutschen und französischen, einen ausgesprochen mathematisch-logischen Charakter. Erinnert sei hier nur an Kirchhoffs bekannte „Vorlesungen" und an die „Prinzipien der Mechanik" von H. Hertz, unter denen das erstere Werk mehr die Lösung spezieller mathematischer Probleme, das letztere ausschliesslich die logische Grundlegung der Theorie zum Ziele hat. So verdienstvoll solche Bestrebungen auch sind, so leiden sie doch an einer unverkennbaren Einseitigkeit: die physikalisch-empirischen Grundlagen, auf denen die Mechanik wie jede Naturwissenschaft beruht, und ebenso die praktisch-physikalischen Anwendungen treten dabei allzusehr in den Hintergrund. Umsomehr sind die beiden oben angegebenen Werke zu empfehlen, die gerade diesen naturwissenschaftlich-physikalischen Charakter der Mechanik besonders deutlich zum Ausdruck bringen, das erstere mehr unter philosophisch-historischem Gesichtspunkte, das andere vor allem vom Standpunkte des praktischen Physikers aus.

Volkmanns „Einführung" beschäftigt sich zunächst eingehender mit den erkenntnis-theoretischen und methodologischen Grundlagen der Naturwissenschaft überhaupt: hier unterscheidet der Verfasser physikalische „Axiome" und „Postulate", sucht die Verfahrungsweisen der Induktion und Deduktion, der Analyse und Synthese, oder genauer der „Isolation" und „Superposition", der Vergleichung und Analogie

in ihrer Bedeutung und ihrem Zusammenwirken kurz zu charakterisieren, um dann auf den Ursprung und Inhalt des Kausalitäts- sowie des Kraftbegriffes näher einzugehen. Wenn er nun aber zur Mechanik übergeht und sie definiert als „die physikalische Grunddisziplin, welche den physikalischen Einzeldisziplinen vorauszuschicken sei" (S. 42), so erscheint diese Definition allzu formal und auch der historischen Entwickelung des Begriffes zu widersprechen, der doch einmal immer ausschliesslich auf die Lehre von den Bewegungen ponderabler Materie bezogen worden ist. Dass es freilich didaktisch wohl immer zweckmässig sein wird, die Physik mit der Mechanik zu beginnen und alle sonstigen einleitenden Betrachtungen mit ihr zu verbinden, soll damit natürlich nicht bestritten werden. Bei der Aufstellung der mechanischen Grundbegriffe und Grundgesetze wird unterschieden zwischen der Galileischen blossen Bewegungslehre und der Newtonschen Kraftmechanik, die Grundlagen der letzteren werden sehr eingehend behandelt im engsten Anschluss an Newtons eigene Formulierung. Hier wird ausgeführt, wie jeder neue Begriff, jedes neue Gesetz zur Klärung und Begründung der vorhergehenden beizutragen hat, das wissenschaftliche Denken also eines beständigen „Kreislaufes" bedarf und die Wahrheit des Systemes nicht auf der Gültigkeit einzelner Axiome beruht, sondern auf der „rückwirkenden Verfestigung" des Ganzen durch immer neue Erfahrungen und Bestätigungen. Dieser Hinweis auf die niemals geradlinig systematisch fortschreitende Entwickelung der Wissenschaft erscheint gewiss berechtigt gegenüber einer gerade in der Mechanik vielfach noch vorherrschenden Überschätzung der logisch-systematischen Form.

Es folgt nun ein ganz elementar gehaltener Kursus der analytischen Mechanik bis zu den allgemeinen Prinzipien und zur Einführung des Potentialbegriffes, nebst einem Kapitel über Hydrostatik einschliesslich der Kapillaritätstheorie. Alles wird an der Hand der Erfahrung und der historischen Entwickelung anschaulich gemacht unter Vermeidung alles rein Hypothetischen und durch Beispiele illustriert, die mathematisch möglichst einfach aber physikalisch bedeutungsvoll sind, wie die Theorie des Pendels, der Wage und der astatischen Systeme. Dabei findet sich Gelegenheit zu allgemeinen Ausführungen wie über die Bedeutung der Präzisionsmessungen überhaupt und über die speziell in der Geophysik anzuwendenden Methoden, für die das Problem der Bestimmung der Erddichte ein Beispiel bildet.

Die Ausdrucksweise leidet gelegentlich an Unklarheit und mangelnder Schärfe. So wird auf S. 55 ein Vektor definiert als ein „Wert, der nach Grösse und Richtung gegeben ist", während der Ausdruck „Wert" doch nur auf Zahlen, d. h. Skalare anwendbar ist. Bei der Behandlung des Zweikörperproblems scheint auf S. 93 die lebendige Kraft der Relativbewegung mit der des einzelnen Planeten verwechselt worden zu sein. Auf S. 305 endlich hätte bei der Definition des „Gravitationsmittelpunkt" ausdrücklich bemerkt werden sollen, dass er im allgemeinen mit der Lage des Aufpunktes sich ändert, da hier bei Anfängern ein Missverständnis nahe liegt.

W. Voigts „Elementare Mechanik", die seit ihrem ersten Erscheinen 1889 wegen ihrer ausdrücklich physikalischen Richtung und ihrer sorgfältigen und präzisen Darstellung unter den deutschen Lehrbüchern stets besonders beliebt war, bedarf jetzt wohl keiner weiteren Empfehlung. Die neue Auflage schliesst sich eng an die erste an, von der sie sich im wesentlichen nur durch redaktionelle Änderungen, gelegentlich erweiterte Darstellung und verschiedene Zusätze unterscheidet. Neu ist namentlich eine „Einleitung" von 26 Seiten mit einer Einführung in das absolute Masssytem und in die Theorie der Vektoren und Tensoren, sowie das Beispiel eines gleichförmig gebogenen Cylinders mit eben bleibenden Querschnitten.

Was den Inhalt des Werkes selbst betrifft, so bringt es der physikalische Standpunkt des Verfassers mit sich, dass die allgemeine Mechanik der Punktsysteme auf einen einzigen Paragraph von 13 Seiten beschränkt ist, von den „Prinzipien" keines in voller Allgemeinheit formuliert, die „Integralprinzipien" (von Hamilton u. s. w.) aber überhaupt nicht erwähnt werden. In grosser Ausführlichkeit dagegen wird die Mechanik der starren Körper behandelt, und ebenso nachher die Hydrodynamik und die Elastizitätstheorie. Die Darstellungsform ist im Gegensatz zu Volkmann durchaus unhistorisch; von Quellen- und Litteraturverweisen wird vollständig abgesehen, das Hauptgewicht ist auf eine konsequente und in sich geschlossene Entwickelung gelegt, die durch ein konsequentes System von Bezeichnungen unterstützt wird. Bei den zahlreichen analytisch durchgerechneten Beispielen ist überall das Bestreben bemerkbar, die Entwickelung bis zu den Formeln zu führen, deren sich der experimentierende Physiker unmittelbar bedienen kann.

E. Zermelo.

(Eingegangen 15. März 1901.)

Alexander Volta, Galvanismus und Entdeckung des Säulenapparates 1796 bis 1800 (Ostwalds Klassiker Nr. 118). 8. 99 S. m. 1 Taf. Leipzig, W. Engelmann. 1900. Preis gebdn. Mk. 1.60.

Mit diesem Bande, dem zweiten der klassischen Untersuchungen des grossen Volta, wer-

den den deutschen Physikern und Elektrikern die grundlegenden Abhandlungen Voltas von der Entdeckung des Problems der Berührungselektrizität bis zu der Erfindung des Säulenapparates zugänglich gemacht. Es sind wiederum Briefe an andere Forscher, in denen Volta seine Entdeckungen niedergelegt hat. Die drei ersten „über die beim Kontakt ungleicher Leiter erregte Elektrizität" sind an Prof. Gren in Halle gerichtet und datieren vom Jahre 1796. Der erste derselben bringt am Schlusse den Kernpunkt der Entdeckungen in den kurzen Sätzen: „Sie sehen jetzt, worin das ganze Geheimnis, die ganze Magie des Galvanismus, besteht. Sie ist nichts, als eine durch die Berührung heterogener Leiter in Bewegung gesetzte, künstliche Elektrizität." Der zweite und dritte Brief verschieben Voltas Standpunkt zu immer höherer Wertschätzung des Metallkontakts und haben so den Anlass gegeben zu den hartnäckigen und folgenschweren Kämpfen zwischen Kontakttheorie und chemischer Theorie der galvanischen Erscheinungen. Der vierte und letzte Brief, an Sir Joseph Banks gerichtet, bringt, vielleicht im indirekten Anschluss an ein in dem letzten Grenschen Brief beschriebenes Experiment, die Kontaktelektrizität bis zur Funkenwirkung zu verstärken, nunmehr das gelöste Problem der Steigerung der galvanischen Wirkung durch die Entdeckung der Summation elektromotorischer Erregungen. Bei dem Bericht über diese grösste Entdeckung des 18. Jahrhunderts wird den modernen Leser wohl nichts merkwürdiger berühren, als das gänzliche Übersehen der chemischen Vorgänge an der Säule bei einem sonst so überaus scharfblickenden und subtil beobachtenden Forscher wie Volta. Für die Geschichte der gesamten Elektrizitätslehre sind diese Briefe wichtige Denkmäler. Ein dritter Band Voltascher Abhandlungen wird demnächst die Veröffentlichung der grundlegenden Arbeiten des berühmten Italieners vervollständigen.

Emil Bose.

(Eingegangen 8. März 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Günther, Siegmund, Geschichte der anorganischen Naturwissenschaften im neunzehnten Jahrhundert. Mit 16 Abbildungen. 8⁰. XX u. 984 S. Berlin, Georg Bondi. 1901. M. 10.—.

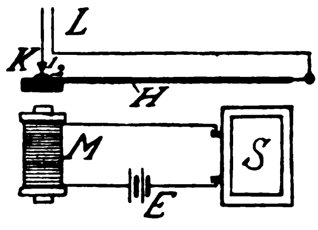
Hann, Julius, Lehrbuch der Meteorologie. Mit mehreren Tafeln in Lichtdruck, verschiedenen Karten, sowie zahlreichen Abbildungen im Text. Lieferung 2. S. 81—160. Lieferung 3. S. 161—240. (Vollständig in ca. 8 Lieferungen.) Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz. 1901. gr. 8⁰. à M. 3.—.

van Laar, J. J., Lehrbuch der mathematischen Chemie. Mit einer Einleitung von H. W. Bakhuis-Roozeboom. Mit 28 Figuren im Text. 8⁰. XX u. 224 S. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. 1901. M. 7.—. Gebunden M. 8.—.

Briefkasten.

Bezugnehmend auf die Briefkasten-Notiz in No. 25 erlaube ich mir, mitzuteilen, dass die Idee des geschätzten Herrn Einsenders nicht mehr neu ist, dass es aber auch trotz aller bisherigen Bemühungen nicht gelungen ist, die sehr hübsche Idee in die Praxis umzusetzen, da die besten Selenzellen zu diesem Zwecke unbrauchbar sind.

Die Herren Clausen und v. Bronk, Berlin, welche sich um die Verbesserung der Lichtempfindlichkeit der Selenzellen grosse Verdienste erworben haben, haben bereits vor vielen Jahren eine automatische Zündungsvorrichtung konstruiert, die in der beifolgenden Skizze schematisch wiedergegeben ist.



S ist die Selenzelle, welche mit dem Relais *M* und der Batterie *E* in Serie geschaltet ist. Wird die Selenzelle von Tageslicht getroffen, so wird die Stromstärke vergrössert und der Kontakt *K* der Lichtstromleitung geöffnet.

Umgekehrt tritt wieder bei genügender Dunkelheit eine bedeutende Erhöhung des Selenwiderstandes und dadurch eine Schwächung des Stromes ein, so dass die Feder *H* den Kontakt *K* schliesst und dadurch die Lampe einschaltet.

Die Anordnung lässt sich aber praktisch vorerst nicht verwerten, da die Lichtempfindlichkeit der Selenzellen eine unberechenbare ist und auch der Widerstand einer solchen Zelle sich im Laufe der Zeit oft sehr stark verändert, was ein genaues Einstellen des Relais problematisch macht.

Viel einfacher und sicherer als mit Selenzellen lässt sich übrigens dasselbe Problem mittelst der unter dem Namen Selektor-System bekannten Anordnungen der Electric Selector and Signal Co. New York erreichen, worüber Näheres in der Elektrot. Zeitschr. 1900, Heft 3, S. 61 ff. zu ersehen ist.

Ernst Ruhmer.

(Eingegangen 31. März 1901.)

Tagesereignisse.

Ein hoher englischer Gerichtsbeamter hat der Pariser Akademie der Wissenschaften 100000 Franks vermacht. Die Zinsen — 3000 Franks jährlich — sind als Preis für eine eigene Erfindung auf dem Gebiet der Physik, speziell der Elektrizität oder des Magnetismus, ausgesetzt.

Der Kaiser von Österreich hat die Anträge des Unterrichtsministers, betreffend die Verleihung des Doktortitels an Techniker genehmigt. Vom Studienjahre 1901/02 an werden sich auch die Absolventen der Technischen Hochschulen in Österreich um den Doktorgrad bewerben können. Die Bestimmungen bezüglich der Erlangung entsprechen im wesentlichen den einschlägigen Bestimmungen der Rigorosenordnung vom Jahre 1899 für die philosophischen Fakultäten der Universitäten.

Personalien.

Der Realschul-Professor und Privatdozent Dr. J. G. Gmeiner wurde zum a. o. Professor der Mathematik an der deutschen Universität in Prag ernannt.

Der kommissarische Direktor der höheren Maschinenbauschule in Hagen i. W., Regierungsbaumeister Georg Benoit, wurde zum o. Professor der Maschinenbaukunde an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe ernannt.

Dr. Karl Grebe, zuletzt wissenschaftlicher Mitarbeiter der Zeissschen Werkstätte, ist, erst 31 Jahre alt, im Dezember 1900 in Sestri-Levante gestorben.

Vom Kaiser von Österreich ist der Professor der Physik an der Universität Wien, Hofrat Ernst Mach zum Mitglied des Herrenhauses ernannt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 32. 11. Mai 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

An unsere Leser!

Nachdem das „Archiv für wissenschaftliche Photographie" (Knapp, Halle) aufgehört hat, als selbstständiges Organ zu erscheinen, haben die Herausgeber der „Physikalischen Zeitschrift" mit dem bisherigen Leiter des Archivs, Herrn Privatdozenten Dr. E. Englisch, Stuttgart, in Übereinstimmung mit einer Anzahl der Mitarbeiter desselben verabredet, die Aufgabe des Archivs in der Physikalischen Zeitschrift innerhalb des ihr eigentümlichen Programmes weiter zu führen.

Unsere Zeitschrift hat ja von Anfang an eine besondere Abteilung ihrer Referate den Interessen der wissenschaftlichen Photographie gewidmet. Wir hoffen, dass in Zukunft auch in den Originalmitteilungen das Gebiet der wissenschaftlichen Photographie ihrer Bedeutung entsprechend vertreten sein, und dass die Physikalische Zeitschrift für die ernste Forschung auf dem Gebiete der Photographie eine würdige und möglichst vollständige Sammelstelle bilden wird.

Der seitherige Leiter des „Archivs" wird von jetzt ab im vorerwähnten Sinne, in Gemeinschaft mit unserem bisherigen Referenten, Herrn Privatdozenten Dr. K. Schaum in Marburg, die Abteilung für Photographie der Physikalischen Zeitschrift besorgen.

Die Herausgeber der Physikalischen Zeitschrift

E. Riecke, H. Th. Simon.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Parma (Direktor: P. Cardani).

No. 3[1]): Antonio Bartorelli: Über das Verhalten des Aluminiums als Elektrode.

§ 1. Wird ein Voltameter von einem kontinuierlichen Strome von der Intensität I durchflossen, und giebt E die Potentialdifferenz an, welche an den Polplatten vorhanden ist, so weiss man, dass die elektromotorische Gegenkraft ε und der Widerstand β des Voltameters mit den Koordinaten eines Punktes übereinstimmen, der auf der Geraden mit der Gleichung:

1) $E = \varepsilon + I\beta$ liegt.

Verändern wir I nun allmählich, entweder durch Veränderung der elektromotorischen Kraft der benutzten Quelle, oder durch Veränderung des Widerstandes von jenem Teile des Stromkreises, der ausserhalb des Voltameters liegt, so verändert sich infolge davon auch E, oder E wird Funktion von I. Wir bezeichnen diese Funktion mit dem Symbol

$$E = E(I); \qquad (2$$

und können nun die Gleichung (1)

$$E(I) = \varepsilon + I\beta \qquad (3$$

schreiben; d. h., sie enthält den einzigen Parameter I und stellt deshalb eine Schar von Geraden dar, von denen eine jede durch einen

1) No. 2: Diese Zeitschrift 1, 372, 1900.

besonderen Wert von I gekennzeichnet ist. Die diese Schar von Geraden umschliessende Kurve wird einer Gleichung in den Koordinaten ε und β entsprechen, welche wir in symbolischer Weise durch

4) $$(\varepsilon, \beta) = 0$$

ausdrücken; sie giebt uns das Gesetz der gegenseitigen Abhängigkeit dieser beiden Elemente für die verschiedenen Zustände des Voltameters. Jede Gerade der Schar (3) giebt durch ihre Berührung mit der Kurve (4) einen Punkt auf dieser an, dessen Koordinaten als Funktion des Parameters I durch Gleichungen vom Typus

5) $$\begin{cases} \varepsilon = \varepsilon\,(I) \\ \beta = \beta\,(I) \end{cases}$$

ausgedrückt sein werden.

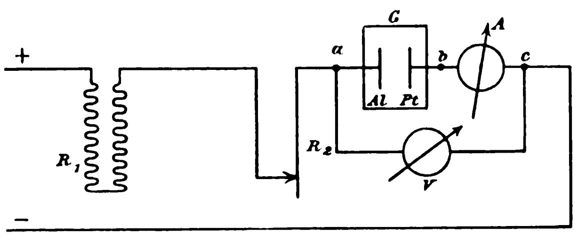
Das System (5) giebt also für jede Grösse der Stromstärke die durch das Voltameter geht, die Grösse seiner Polarisation und seines inneren Widerstandes an. Es ist klar, dass man statt dessen ein System vom Typus

6) $$\begin{cases} \varepsilon = \varepsilon\,(E) \\ \beta = \beta\,(E) \end{cases}$$

einsetzen kann.

Will man diese Methode anwenden, so muss man erst durch den Versuch die entsprechenden Grössen von E und von I bestimmen, und muss dann diese Zusammengehörigkeit in die Sprache der Analysis zu übersetzen suchen, um die Gleichung (2) zu erhalten. Ich habe mir die Methode, deren Prinzip ich oben auseinandergesetzt habe, zum Studium des Verhaltens der Voltameter mit einer Aluminiumelektrode ersonnen[1]); es ist jedoch klar, dass besagte Methode einen sehr allgemeinen Charakter hat, und dass sie bei Anwendung zu Studien über Polarisation den grossen Vorteil bietet, gleichzeitig experimentelle Komplikationen und die Ursachen von Fehlern zu verhindern, die bei allen jenen Methoden unvermeidlich sind, bei welchen die Polarisation erst nach dem Durchgang des polarisierenden Stromes gemessen wird.

§ 2. Um bei diesen Untersuchungen die entsprechenden Werte von E und I festzustellen, ordnete ich die Apparate in der Weise an, wie auf beifolgender Figur schematisch angegeben ist.



Die beigefügte Erklärung wird das Verständnis der Anordnung leicht machen. Die Potentialdifferenzen werden durch den Potentialverlust ausgeglichen, der zwischen b und c derart eintritt, dass er den Punkten a und b entsprechende Grössen hat. Ich machte zwei Reihen von Versuchen; bei der einen funktionierte das Aluminium als Anode, bei der anderen als Kathode; die andere Elektrode war stets aus Platin. Ich veränderte innerhalb sehr weit gesteckter Grenzen Querschnitt und Entfernung der Elektroden und benutzte als Elektrolyten eine Schwefelsäurelösung im Verhältnis von 5 Volumenprozent.

§ 3. Es ist klar, dass das Studium der Veränderungen von ε und β in unserem Falle von besonderem Interesse für die höheren Stromdichten ist, weil man für sie entscheiden muss, ob Polarisation und Widerstand sehr hohe Werte erreichen oder nicht. Aus diesem Grunde fasste ich beim Suchen von Gesetz (2) besonders die höheren von den erreichten Dichtegraden ins Auge; und da ich nun, wie man weiterhin sehen wird, ein und dasselbe Gesetz anwendbar fand von 0,004 bis 0,100 A. pro Quadratcentimeter, und nicht brauchbar unter 0,004 A. pro Quadratcentimeter, habe ich die zahlreichen Versuche mit der Anode aus Aluminium in zwei Gruppen geteilt. In der ersten Gruppe sind die Versuche zusammengestellt, die einer Stromdichte unter 0,004 A. pro Quadratcentimeter, in der zweiten jene, welche einer Stromdichte von 0,004 bis 0,100 A. einschliesslich pro Quadratcentimeter entsprechen. Die Tabellen I und II geben den Typus der entsprechenden Resultate in Bezug auf die erste und die zweite Gruppe.

Tabelle I.

$s = 27\ cm^2;\ d = 7\ cm.$

I Amp.	E Volt	$\frac{E}{I}$ Ohm
0,052	7,92	152
0,065	9,86	152
0,071	11,00	155
0,085	11,40	134
0,091	11,57	127
0,101	11,92	118

Tabelle II.

$$\begin{cases} s = 245\ cm^2; \\ d = \ 10\ cm. \end{cases} \qquad \begin{cases} a = 0{,}0443; \\ b = 0{,}0358. \end{cases}$$

1) Einschlägige Litteratur: Buff, Lieb. Ann. **102**, 296, 1857; Nucretet, Journ. de Phys. **4**, 84, 1875; Beetz, Wied. Ann. **2**, 94, 1877; Streintz, Wied. Ann. **32**, 116, 1887; **34**, 751, 1888; Pollak, Eclairage électrique **12**, 77 u. 177, 1897; **13**, 39, 1897; **14**, 136, 1898; Grätz, Wied. Ann. **62**, 323, 1897; Dina, Rendic. del R. Istit. Lomb. serie **2**, **31**, 642; Lecher, Sitzungsber. d. Wiener Akad. **107**, 739, 1898.

I Amp.	E beob. Volt	E beob. Volt	Differenzen $E_a - E_t$	ε Volt	β Ohm
1,06	12,77	12,90	−0,13	5,96	6,53
1,44	15,27	15,02	+0,25	8,05	4,82
1,96	17,28	17,12	+0,16	10,47	3,46
2,45	18,53	18,56	− 0,03	12,39	2,55
3,10	19,78	19,96	−0,18	14,32	1,84
3,53	20,53	20,68	−0,15	15,34	1,52
4,07	21,28	21,42	−0,14	16,40	1,23
4,72	22,29	22,13	+0,16	17,49	0,98
5,17	22,54	22,54	0,00	18,13	0,84
5,85	23,04	23,06	−0,02	19,10	0,69
6,52	23,29	23,48	−0,19	19,77	0,57
7,09	23,79	23,78	+0,01	20,28	0,50
7,49	24,29	23,98	+0,31	20,62	0,45
8,10	24,54	24,23	+0,31	21,01	0,40

Die übrigen Versuche zeigen, abgesehen von den absoluten Grössen für jede Gruppe einen analogen Verlauf. Die Prüfung der in obigen Tabellen enthaltenen Resultate zeigt folgendes Verhalten für die Geraden der Gleichung (1). Bei zunehmender Stromdichte rückt ihr Schnittpunkt mit der Achse der ε $(0, E)$ immer weiter vom Anfangspunkt der Koordinaten ab; statt dessen bleibt der Schnittpunkt mit den Achsen der $\beta\left(\frac{E}{I}, 0\right)$ bei der ersten Gruppe im Anfang unbeweglich und nähert sich dann dem Anfangspunkt, während er sich bei der zweiten Gruppe von Anfang an dem Anfangspunkt nähert. Aus dieser ersten Betrachtung kann man den Schluss ziehen, dass

der Wert von ε, der für die geringsten Stromdichten negativ ist, bei zunehmender Dichte positiv wird und den Nullpunkt passiert.

Der Übergang zu positiven Werten ist bei allen Versuchen bei einer Dichtigkeit von ungefähr 0,0025 A. pro Quadratcentimeter eingetreten. Dieses erste Resultat erklärt sich, wenn man bedenkt, dass das Paar Platinaluminium in Schwefelsäurelösung eine eigene elektromotorische Kraft besitzt, welche zwischen 0,8 und 0,9 Volt bei einer 5 volumenprozentigen Konzentration gelegen ist. Es ist augenscheinlich, dass diese elektromotorische Kraft vernichtet werden muss, ehe sich eine positive Polarisation am Voltameter zeigen kann.

§ 4. Bei den Versuchen der zweiten Gruppe hat sich aus ihnen allen das Gesetz (2) ergeben; es hat die Form

$$E = \frac{I}{a + b\,I} \tag{2'}$$

wo $b = 4 \cdot 10^{-2}$, während a dem Querschnitt s der Elektroden proportional und genau $a = 2 \cdot 10^{-4}\, s$ ist.

Es folgt hieraus, dass bei gleichen Stromdichten die ε und β als Funktion der Stromintensität durch die Formel

$$\begin{cases} \varepsilon = \dfrac{b\,I^2}{(a + b\,I)^2} \\ \beta = \dfrac{a}{(a + b\,I)^2} \end{cases} \tag{5'}$$

und folglich als Funktion der Stromdichte δ durch die weiteren Formeln

$$\begin{cases} \varepsilon = \dfrac{b\,\delta^2}{\left(\dfrac{a}{s} + b\,\delta\right)^2} \\ \beta = \dfrac{1}{s}\,\dfrac{\dfrac{a}{s}}{\left(\dfrac{a}{s} + b\,\delta\right)^2} \end{cases} \tag{5''}$$

dargestellt sind, in welchen, gemäss dem oben Gesagten, b und $\frac{a}{s}$ konstant sind.

Die dritte Reihe von Tabelle II enthält gerade diejenigen Grössen von E, die durch den diesbezüglichen Versuch aus Formel (2′) berechnet sind; Reihe fünf und sechs giebt die aus (5′) berechneten Grössen von ε und von β. Man kann also infolge von den Beziehungen (5′) und (5″) schliessen, dass

1. der Widerstand β des Voltameters mit dem Steigen der Stromdichte stets abnimmt; dass er unabhängig von der Entfernung der Elektroden und umgekehrt proportional zu ihrem Querschnitt ist,

2. dass die Polarisation ε des Voltameters einzig und allein von der Stromdichte abhängt und mit dem Zunehmen derselben auch zunimmt. Die Zunahmen von ε, die anfänglich sehr schnell vor sich gehen, werden nach und nach geringer und zeigen das Streben von ε einen oberen Grenzwert zu erreichen. Was die Grösse dieser Grenze anbelangt, so muss man im Auge behalten, dass die erste der Gleichungen vom Typus (5′)

$$\varepsilon = b\,E^2$$

ergiebt, woraus hervorgeht, dass

$$\frac{\varepsilon}{E} = b\,E$$

ist, das bedeutet, dass das Verhältnis $\frac{\varepsilon}{E}$ mit E wächst. Andererseits muss diese Grenze augenscheinlich unter der Einheit liegen, und da sie die Grösse eins erreichen würde, wenn $b\,E = 1$, oder $E = \frac{1}{b} = 25$ Volt wäre, so sieht man, dass diese gesuchte Grenze geringer als 25 Volt sein muss. Weitere, schon unternommene Versuche, bei denen die Stromdichte das erreichte Maximum von 0,100 A. pro Quadratcentimeter überstieg, werden dazu dienen festzustellen, wie

sich die Dinge gestalten, wenn E die Grösse von 25 Volt erreicht.

Die nachgewiesene Unabhängigkeit des Widerstandes β von der Entfernung der Elektroden innerhalb der bezeichneten Grenzen der Stromdichte beweist, dass unter unseren Bedingungen der eigene Widerstand des Elektrolyten unbeachtet bleiben darf; und die umgekehrte Proportionalität von β zum Querschnitt der Elektroden führt uns natürlicherweise zur Schlussfolgerung, dass besagter Widerstand seinen Sitz fast gänzlich an der Berührungsfläche von Elektroden und Flüssigkeit hat.

Die Ergebnisse der Streintzschen Versuche, der an Stelle der Aluminiumanode andere Metalle setzt und die von mir mit der Aluminiumkathode unternommenen Versuche zeigen, dass jedes besondere Verhalten von derartig hergestellten Voltametern aufhört; sie beweisen also, dass der Widerstand an der Oberfläche der Aluminiumanode liegt. Sein allmähliches Abnehmen beim Grösserwerden der Stromdichte kann man wahrscheinlich keiner anderen Ursache zuschreiben, als der allmählichen physikalischen oder chemischen oder gleichzeitig physikalisch-chemischen Veränderung, die sich auf der auf dem Aluminium entstandenen Schicht vollzieht.

Die umgekehrte Frage, ob das besondere Verhalten der Voltameter mit Aluminiumanode von einem grossen Widerstand oder von erhöhter Polarisation abhängt, bleibt also in dem Sinne entschieden, dass für die kleinsten Werte von E der starke, an der Oberfläche der Aluminiumanode vorhandene Widerstand einen überwiegenden Einfluss ausübt, während für höhere Werte von E dieser Widerstand aufhört und an seine Stelle eine immer stärker werdende Polarisation tritt.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 8. April 1901.)

Zur Berechnung der Isothermen.

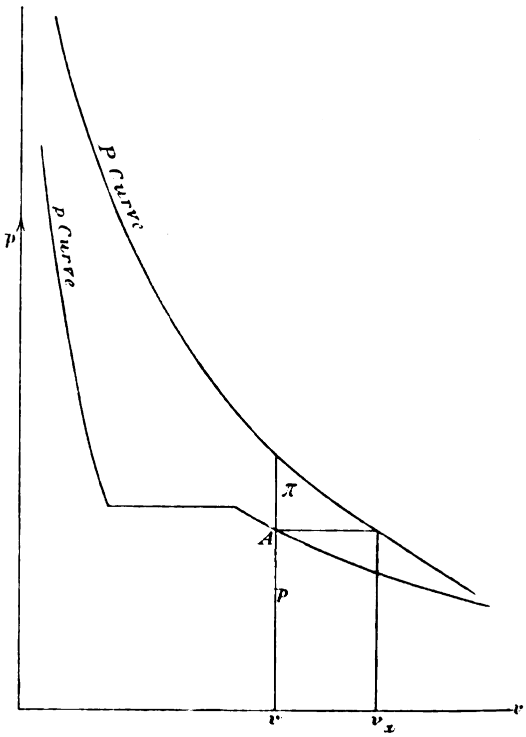
Von C. Dieterici.

Zur Berechnung der Isothermen beliebiger Stoffe habe ich einen Weg eingeschlagen, der wesentlich von dem bisher befolgten abweicht. Er sei hier in Kürze dargelegt.

Die Zustandsgleichung von van der Waals sei allgemein

$$P = p + \pi = \frac{R\vartheta}{v - b} \tag{1}$$

geschrieben, worin p den thatsächlich beobachteten Druck, π den Kohäsionsdruck, R die Gaskonstante, ϑ die absolute Temperatur, v das Volumen und b die Volumenkorrektion oder das Kovolumen bezeichnet. Van der Waals macht für den Kohäsionsdruck die Hypothese $\pi = \frac{a}{v^2}$ und zerlegt dadurch den Gesamtdruck P in seine beiden Komponenten p und π. Man kann aber diese Zerlegung auch ausführen ohne eine Hypothese und kann damit die Konstante a, die ja nach verschiedenen Forschern keine Konstante, sondern Volumen und Temperaturfunktion ist, vermeiden. Denn für den Gesamtdruck P gilt die obige Gleichung $P = \frac{R\vartheta}{v - b}$. Angenommen b sei bekannt, so würde der Gesamtdruck vollständig als Funktion von ϑ und v bekannt sein und in der bekannten graphischen Darstellung bei $\vartheta = \text{const.}$ durch eine hyperbolische Kurve (Fig.) dargestellt sein.



Bei jedem Volumen ist der thatsächlich beobachtete Druck p kleiner als P und zwar um den Kohäsionsdruck π. Die thatsächlich beobachtete Isotherme sei also bei derselben Temperatur durch die p-Kurve dargestellt. Bei einem beliebigen v ziehe man durch den Endpunkt von p, also durch den Punkt A der Figur, eine Parallele zur Abscissenachse, so trifft diese notwendig die P-Kurve bei einem grösseren Volumen v_a, bei welchem der Gesamtdruck P gleich p ist. Bildet man nun die Arbeit, welche der Gesamtdruck P bei einer Vergrösserung des Volumens von v auf v_a leistet, so ist diese

bei konstantem b: $A = \int_v^{v_a} P.dv = R\vartheta . \ln \frac{v_a - b}{v - b} =$

2) $$R\vartheta . \ln \frac{R\vartheta}{p(v-b)} = R\vartheta \ln \frac{P}{p}$$

bei unkonstantem b: $A = \int_v^{v_a} P.dv = \int_{(v-b)}^{(v-b_a)} R\vartheta d(v-b)$

2a) $$+\int_b^{b_a} P.db = R\vartheta \ln \frac{R\vartheta}{p(v-b)} + R\vartheta \int_b^{b_a} \frac{db}{v-b}$$

Der Einfachheit halber sei hier zunächst nur die erste für $b =$ const. geltende Gleichung beachtet, die man auch in

3) $$p = \frac{R\vartheta}{v-b} \cdot e^{-\frac{A}{R\vartheta}} = P e^{-\frac{A}{R\vartheta}}$$

umschreiben kann, so ist ersichtlich, dass diese Gleichung den beim Volumen v und Temperatur ϑ herrschenden thatsächlichen Druck p darstellt durch die isotherme Arbeit A und ebenso ist auch der Kohäsionsdruck π durch

$$\pi = P - p = \frac{R\vartheta}{v-b}\left(1 - e^{-\frac{A}{R\vartheta}}\right) = P\left(1 - e^{-\frac{A}{R\vartheta}}\right)$$

durch dieselben Grössen dargestellt. Beide Gleichungen sind Identitäten und können nicht weiterführen, ohne eine neue Aussage für die isotherme Arbeit A. Man darf aber wohl erwarten, dass, wenn überhaupt der Kohäsionsdruck π bestimmten Abhängigkeiten von v und ϑ gehorcht, diese sich auch in der Arbeit A zu erkennen geben müssen, und da es ja bisher unmöglich ist für den Kohäsionsdruck, eine Aussage zu machen, welche den Beobachtungen auch quantitativ genügt, so muss man versuchen, ob man nicht eine neue Aussage für die isotherme Arbeit A machen kann, denn diese zerlegt durch die obigen strengen Gleichungen den Gesamtdruck P in seine Komponenten p und π ohne Hypothese.

Die gesuchte Aussage für die isotherme Arbeit kann nicht durch eine theoretische Überlegung hergeleitet werden, sondern kann nur durch rein empirische Berechnung des vorliegenden Beobachtungsmateriales gewonnen werden. Ich habe dazu das von S. Young vollständig und wie es scheint mit bewunderungswürdiger Exaktheit beobachtete Isopentan benutzt und durch rein empirische Berechnung die Frage zu beantworten gesucht, ob sich für den Ausdruck

$$\frac{A}{R\vartheta} = \ln \frac{R\vartheta}{p \cdot (v-b}$$

eine Gesetzmässigkeit erkennen lässt.

Eine erste rohe Annäherungsrechnung zeigt nun, dass man den thatsächlichen Beobachtungen sehr nahe genügt, wenn man

$$\frac{A}{R\vartheta} = \ln \frac{R\vartheta}{p(v-b)} = \frac{C_\vartheta}{v}$$

setzt, worin C_ϑ eine für jede Isotherme konstante Grösse ist, die aber von einer Isotherme zur anderen sich verändert, also eine Temperaturfunktion ist. Man kann also

$$p = \frac{R\vartheta}{v-b} e^{-\frac{C_\vartheta}{v}}$$

setzen und es zeigt sich weiter, dass dieser Ausdruck die Eigenschaft hat, für die unteren Isothermen $\vartheta < \vartheta_k$ einen kontinuierlichen durch ein Maximum und ein Minimum des Druckes hindurchgehenden Verlauf der p-Kurve zu ergeben, bei $\vartheta = \vartheta_k$ eine Kurve mit einem Wendepunkt, für $\vartheta > \vartheta_k$ Kurven, welche kein Maximum oder Minimum mehr haben; dass also der gebildete Ausdruck genau dieselben Eigenschaften hat, wie derjenige von van der Waals, nämlich die, eine Kontinuität des gasförmigen und flüssigen Zustandes zu ergeben. Bildet man $\frac{\partial p}{\partial v} = 0$, so findet man diejenigen Volumina bei denen p ein Maximum bez. Minimum aus obiger Gleichung gegeben durch:

$$\frac{C_\vartheta}{v^2} = \frac{1}{v-b} \qquad v_m = \frac{C_\vartheta}{2}\left|1 + \sqrt{1 - \frac{4b}{C_\vartheta}}\right|$$

woraus ersichtlich ist, dass wenn $C_\vartheta > 4b$ ist, zwei Volumina v_m vorhanden sind, für welche p ein Maximum oder Minimum hat, für $C_\vartheta = 4b$ nur eines, und für $C_\vartheta < 4b$ kein reelles Volumen mehr. Für die kritischen Isotherme muss der mittlere Fall eintreten also

$$C_{\vartheta_k} = 4b, \qquad v_m = v_k = 2b$$

sein und damit folgt für den kritischen Zustand

$$p_k = \frac{R\vartheta_k}{\frac{1}{2} \cdot v_k} e^{-2} \text{ oder } \frac{R\vartheta_k}{p_k v_k} = \frac{1}{2} \cdot e^2 = 3{,}695,$$

während für Isopentan 3,738 beobachtet ist. Der ganze Verlauf der kritischen Isotherme muss sich also berechnen lassen durch

$$p = \frac{R\vartheta_k}{v - \frac{1}{2} v_k} e^{-2\frac{v_k}{v}}.$$

In der That zeigt die folgende nach dieser Gleichung berechnete Tabelle, dass eine Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung bis auf 1—2 Proz. erreicht ist, und zwar nicht allein für den Dampfzustand $v > v_k$, sondern bis weit in den flüssigen Zustand hinein bis $v = 2{,}6$ cm³ pro Gramm Substanz.

Kritische Isotherme des Isopentan.
$\vartheta_k = 460.8^0$ C. $v_k = 4{,}266$ cm^3.

v	p berechn. *mm*	p *Hg* beob.	v	p berechn. *mm*	p *Hg* beob.
2,4 cm^3	42730	49080	8 cm^3	23400	23710
2,5	35810	40560	10	21590	2[illegible]040
2,6	32090	34980	12	19850	20300
2,8	28390	28940	15	17540	17980
3,0	26780	26460	20	14560	14840
3,2	26000	25490	30	10770	10950
3,6	25420	25050	40	8508	8570
4,0	25320	25020	50	7025	7068
4,3	25300	25005	60	5978	6001
4,6	25300	25000	80	4604	4614
5,	25240	24940	90	4127	4132
6,	24880	24840	100	3740	3750

Dieselbe Berechnung trifft auch für andere Stoffe wie Kohlensäure und Äther mit ungefähr gleicher Genauigkeit zu.

Die noch restierenden Abweichungen sind darauf zu schieben, dass $b = f(v)$ ist, also nicht, wie bisher geschehen, als konstant betrachtet werden darf.

Macht man diese Annahme, so tritt eine erhebliche Komplikation ein, denn die isotherme Arbeit

$$A = \int_v^{v_a} P \cdot dv = R\vartheta \cdot \int_v^{v_a} \frac{dv}{v-b}$$

ist dann nur berechenbar, wenn man die b-Funktion kennt. Nach einer Reihe von Annäherungsberechnungen habe ich im Anschluss an die theoretischen Überlegungen von van der Waals, Lorentz, G. Jäger-Boltzmann

$$b = b_c - \frac{1}{4}\frac{b_c^2}{v}$$

gesetzt und damit die isotherme Arbeit für alle Volumina und Temperaturen bei Isopentan berechnet.

Das Ergebnis ist, dass thatsächlich für jede Isotherme des Isopentans

$$A = \int_v^{v_a} P \cdot dv = R\vartheta \cdot \int_v^{v_a} \frac{dv}{v-b} = R\vartheta \cdot \frac{C_\vartheta}{v}$$

ist, und dass sehr nahe genau

$$C_\vartheta = C_{\vartheta_k} \cdot \left(\frac{\vartheta_k}{\vartheta}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad C_{\vartheta_k} = a \cdot v_k$$

ist, worin a ein durch den kritischen Zustand bestimmter Zahlenfaktor ist, nahezu gleich 2 ist bei allen Stoffen, bei denen das Verhältnis des idealen kritischen Volumens zum thatsächlichen 3,7 beträgt; also bei allen 'normalen' Stoffen nach S. Young.

Demnach kann man allgemein setzen:

$$A = \int_v^{v_a} P \cdot dv = R\vartheta \cdot \int_v^{v_a} \frac{dv}{v-b}$$

5) $$= a \cdot R\vartheta_k \cdot \frac{v^k}{v} \cdot \left(\frac{\vartheta_k}{\vartheta}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Beide in dieser Gleichung enthaltenen Gesetzmässigkeiten sind nur empirische, aber auf wenige Prozente genau zutreffende. Durch A ist dann unter Hinzuziehung der Gleichung 2a jederzeit p bestimmt.

Denkt man sich nun die Ausdrücke für A für die Sättigungsvolumina v_1 und v_2 bei jeder Temperatur gebildet, so erhält man durch

$$A_1 - A_2 = \int_{v_1}^{v_2} P \cdot dv = \int_{v_1}^{v_2} (p + \pi)\, dv$$

$$= p(v_2 - v_1) + \int_{v_1}^{v_2} \pi \cdot dv$$

einen Ausdruck für die mechanisch gemessene Verdampfungswärme Ir; denn $\int_{v_1}^{v_2} \pi\, dv$ stellt ja die Arbeit gegen die Kohäsionskräfte, also die innere Verdampfungswärme dar. Also muss

$$A_1 - A_2 = I \cdot r = (v_2 - v_1)\,\vartheta \cdot \frac{dp_s}{d\vartheta}$$

nach der bekannten Gleichung für die Verdampfungswärme sein. Nach den in Gleichung (5) enthaltenen empirischen Regeln muss dieselbe Arbeitsdifferenz auch sein

$$A_1 - A_2 = a v_k R \vartheta_k^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{\vartheta^{\frac{1}{2}}} \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right).$$

Aus der Gleichheit beider Ausdrücke folgt

$$v_1 \cdot v_2 \cdot \vartheta^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{dp_s}{d\vartheta} = a v_k R \vartheta_k^{\frac{3}{2}} = \text{Konstanz.} \quad (6)$$

Thatsächlich ergiebt die Berechnung bei Isopentan, Benzol, Äther, Kohlensäure, schweflige Säure eine Konstanz dieses Ausdruckes mit etwa 5 Proz. Schwankung. Grössere Abweichungen treten auf in unmittelbarster Nähe der kritischen Temperatur und unverkennbar bei Wasser bei Temperaturen, welche 200^0 C unterhalb der kritischen liegen, so dass man also aus diesem Ergebnis schliessen muss, dass die empirisch gefundene Temperaturabhängigkeit wohl in einem Temperaturintervall von etwa $5-200^0$ C unterhalb der kritischen zutrifft, aber noch nicht die völlig befriedigende Gesetzmässigkeit darstellt.

Bei einem so schwierigen Problem, wie es die Berechnung der Isothermen ist, muss jeder theoretisch einwandsfreie Weg zur Lösung des Problems verfolgt werden. Der hier eingeschlagene macht eine Hypothese für den Kohäsionsdruck entbehrlich und setzt an deren Stelle zwei Aussagen über die isotherme Arbeit A, die eine, welche ihre Abhängigkeit vom Volumen, die zweite, welche ihre Abhängigkeit von der Temperatur ausspricht. Da die isotherme Arbeit durch die b-Funktion bestimmt ist, kann die

befriedigende Lösung erst nach Kenntnis dieser erschlossen werden. Die gefundenen Regeln sind Annäherungen, gewonnen auf dem Boden einer bestimmten Annahme für die *b*-Funktion, welche immerhin mit einem hohen Grade von Genauigkeit sich den Beobachtungen anschliessen.

Hannover, April 1901.

(Eingegangen 26. April 1901.)

Über die Induktion im ungeschlossenen Stromkreise.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von J. Koenigsberger.

Über die Induktion in einem ruhenden ungeschlossenen Stromkreis durch Änderung eines magnetischen Feldes habe ich Versuche angestellt, deren Anordnung im folgenden beschrieben werden soll, da wegen baulicher Veränderungen im hiesigen Laboratorium die Arbeit vorläufig nicht weitergeführt werden kann.

Zwei Fälle sind zu unterscheiden: erstens, die leitenden Teile des Kreises befinden sich ganz oder teilweise in dem Magnetfeld von veränderlicher Stärke, zweitens, das Dielektrikum des ungeschlossenen Kreises liegt im Magnetfeld.

Zur Untersuchung des ersten Falles wurde zwischen die Pole eines starken Elektromagneten ein Solenoid von 2040 Windungen dünnen Kupferdrahtes mit einem mittleren Querschnitt von 48 qcm angebracht. Von der einen Endklemme führt ein Draht zu einer Erdleitung, die andere Klemme steht mit dem einen Quadrantenpaar eines Elektrometers von Thomson in Verbindung. Das Quadrantelektrometer wurde anfänglich in der ursprünglichen Form mit Schwefelsäuredämpfung benutzt, später ohne diese, indem die Nadel an einem Platindraht aufgehängt wurde. In letzterem Falle wurde auch eine leichtere Nadel benutzt, was die Empfindlichkeit vermehrte; die Dämpfung war aber gleichwohl noch stark.[1]) Die Nadel war auf etwa 100 Volt geladen. Beide Anordnungen eignen sich zu ballistischen Messungen; die zweite ist empfindlicher, aber infolge der elastischen Nachwirkung des Platindrahtes ungenauer. Wurde der Elektromagnet erregt, so dass die Stärke des Magnetfeldes von 0 auf etwa 5000 stieg, so zeigte sich im Quadrantelektrometer ein Ausschlag, der sich aus einer angenäherten Bestimmung der ballistischen Konstanten zu einem Potentialintegral[2]) von 4,7 praktischer Einheiten berechnete, während für diesen Versuch aus der angenäherten Bestimmung der Feldstärke 4,9 folgt. Durch Kommutieren des Feldes in dem Augenblick, wo die Nadel durch die Ruhelage geht, kann der Ausschlag, in dem obigen Falle auf etwa das 5 fache, gesteigert werden, ganz analog wie bei der Multiplikationsmethode am ballistischen Galvanometer.

1) Das Dämpfungsverhältnis war gleich 3.

2) Analog wie bei dem ballistischen Galvanometer die gemessene Grösse $\int idt$ als Stromintegral bezeichnet und aus der Aichung mit dem Ampère als Einheit erhalten wird, wird hier $\int Edt$ als Potentialintegral bezeichnet und für E das Volt als Einheit genommen.

Beim Erregen des magnetischen Feldes wird ein Strom induziert, durch den Elektrizitätsmengen an die freien Enden der Leitung, das sind die Quadrantenpaare, gebracht werden. Diese fliessen dann, wenn die Induktion aufhört, wieder zurück. Es frägt sich jetzt, ob ein einfacher Zusammenhang zwischen der Potentialdifferenz an den freien Enden und der Änderung des Magnetfeldes besteht, oder ob Kapazität,[1]) Widerstand, Selbstinduktion des Kreises berücksichtigt werden müssen. Diese Frage lässt sich sehr einfach, in der von Helmholtz zur Bestimmung der Neumannschen Konstanten angegebenen Weise beantworten.

Ein Kondensator mit der Elektrizitätsmenge e_0 und der Kapazität c sei zur Potentialdifferenz V_0 geladen, und die eine Platte desselben sei mit dem einen Drahtende des im magnetischen Felde befindlichen Solenoides[2]) verbunden. Wird jetzt die Verbindung des anderen Drahtendes mit der anderen Platte des Kondensators hergestellt, so gleichen sich die Ladungen des Kondensators aus, und es fliesst ein Strom i durch das Solenoid. Es gelten dann die Gleichungen: $\int idt = e$; $e = c.V$; $iw = V$, wobei i, V, e Variable sind. Hieraus folgt in bekannter Weise, dass, wenn die Entladung nicht oszillatorisch sein soll, der Widerstand w grösser als $2\sqrt{\frac{L}{c}}$ sein muss, wobei L die Selbstinduktion des Solenoids mit der Windungsfläche q und Windungszahl n bedeutet. Demnach muss der Draht dünn und die Kapazität des Kondensators, bei dem obigen Versuch die des Quadrantelektrometers, gross sein; letzteres hat auch den Vorteil, dass die Kapazität des Solenoids dann sicher vernachlässigt werden darf. Auf das stromdurchflossene Solenoid wird im Magnetfelde bei passender Lage ein Drehungsmoment ausgeübt, und es wird während der Zeit dt die ponderomotorische Arbeit $ni\frac{dN}{dt}dt$ geleistet

1) Hierbei ist jedoch von Rückstandswirkungen abgesehen. Diese scheinen bei den in Luft befindlichen Drähten nicht merklich zu sein, vgl. Faraday, Exper. Researches 3, 511, 1855.

2) Die Kapazität desselben sei gegen die des Kondensators zu vernachlässigen.

werden können. Hierin ist $N = H \cdot q$. Nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie muss aber dadurch ein Verlust von elektromagnetischer Energie hervorgerufen werden; derselbe beträgt *Eidt*, wo E die Verminderung der elektromotorischen Kraft, die sogenannte induzierte elektromotorische Kraft bedeutet.

Demnach ist $E = n \frac{dN}{dt}$, oder auch $nq \frac{dH}{dt}$, wenn die Spule ihre Lage beibehält, und die Stärke des Magnetfeldes sich ändert. Also wird unabhängig von der Stromstärke, d. h. von Kapazität und Widerstand, eine scheinbare elektromotorische Gegenkraft bei Änderung von H an den freien Enden induziert, und das mit dem ballistischen Elektrometer gemessene Integral $\int E\,dt$ ist gleich der Stärke des Magnetfeldes multipliziert mit Zahl und Fläche der Windungen. Demnach kann auf diese Art die magnetische Feldstärke in absolutem Masse bestimmt werden.

Im zweiten Falle befindet sich das Dielektrikum des ungeschlossenen Stromkreises im Magnetfeld, während die leitenden Teile ausserhalb liegen oder gegen die magnetischen Kraftlinien so orientiert sind, dass die in ihnen entstehenden Induktionsströme keine wesentliche Wirkung haben sollen. Es sei ein Kondensator, dessen Dielektrikum sich ganz oder teilweise im magnetischen Felde befindet, mit einer bestimmten Elektrizitätsmenge geladen. Wird jetzt derselbe entladen, so fliesst ein Strom durch den Draht und gleichzeitig ändert sich die dielektrische Polarisation; es entsteht ein Verschiebungsstrom. Nach den neueren Theorien ist die zeitliche Änderung der Polarisation, der sogenannte Verschiebungsstrom, in seinen magnetischen Wirkungen einem galvanischen Strome gleichwertig.

Herr Boltzmann hat diese Folgerung aus der Theorie von Maxwell an einem Beispiel,[1]) das mit dem vorliegenden Falle einige Ähnlichkeit hat, dargelegt. Wenn nämlich in zwei Paraffinringen die dielektrische Polarisation sich tangential in gleichem Sinne rasch ändert, so müssten sich diese Ringe wie zwei elektrische Ströme anziehen; denn nach der Theorie von Maxwell in der Erweiterung von Hertz und Boltzmann werden gleiche magnetische Kräfte durch gleich schnelle Bewegung von Elektrizitätsmengen hervorgerufen, gleichgültig, wo und wie diese Bewegung erfolgt. Danach müsste also in dem vorliegenden Beispiel auf das Dielektrikum des Kondensators in seiner Gesamtheit dieselbe ponderomotorische Kraft ausgeübt werden, wie auf ein ebenso langes von dem gleichen Strome durchflossenes Leiterstück. Da das Dielektrikum, wenn der Kondensator eine merkliche Elektrizitätsmenge enthalten soll, eine ziemlich grosse Masse haben muss, so ist der Nachweis einer elektrodynamischen Wirkung insofern erschwert. Dagegen könnte es möglich erscheinen, die nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie bedingte Induktionswirkung zu messen, wenn das Magnetfeld, in dem das Dielektrikum liegt, sich stark ändert; denn dann müsste ein Verschiebungsstrom induziert und dadurch eine Ladung des Kondensators mit influenzierter Elektrizität bewirkt werden. Die Spannung zwischen den beiden Kondensatorplatten könnte mit einem ballistischen Elektrometer geringer Kapazität gemessen werden. Dieselbe berechnet sich aber bei den günstigsten Verhältnissen — Substanzen mit hoher Dielektrizitätskonstante sind wegen der gleichzeitig vorhandenen Leitfähigkeit ausgeschlossen — zu etwa $1{,}10^{-3}$ Volt. Die Fehlergrenze meines ballistischen Elektrometers betrug bei diesen vorläufigen Versuchen nur $1{,}10^{-2}$ Volt.

Folgende Überlegung spricht aber dafür, dass die obige, wie mir scheint, aus der Theorie von Maxwell sich notwendig ergebende Folgerung nicht ganz richtig sein kann und die Wirkung wahrscheinlich geringer ist. Wenn nämlich als Dielektrikum das Vakuum gewählt wird, so ist nach der Maxwellschen Theorie der Verschiebungsstrom gleich der Grösse der elektrischen Feldstärke multipliziert mit der Einheit.

Es muss also im Vakuum, soweit es von einem Verschiebungsstrom durchflossen ist, entweder eine endliche ponderomotorische Arbeit geleistet werden, oder wenn dies nicht der Fall ist, kann nach dem Prinzip der Erhaltung der Energie keine Induktionswirkung von endlicher elektromagnetischer Energie vorhanden sein. Da aber ein Lichtstrahl im Luftraum durch die Änderung eines magnetischen Feldes nicht beeinflusst wird, scheint letztere Annahme, die der Theorie von Helmholtz entspricht, wahrscheinlicher.

Freiburg i. B., Physikalisches Institut.

(Eingegangen 25. April 1901.)

1) L. Boltzmann, Vorlesungen über Maxwells Theorie 2, 214, 1893. Leipzig.

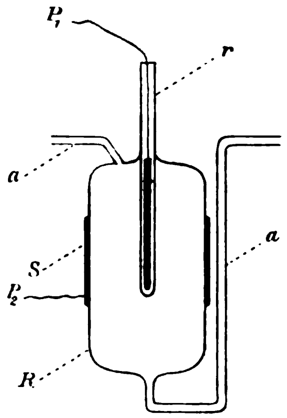
Über das Verhalten des Stickstoffs gegen Teslaströme.

Von Hugo Kauffmann und Bernhard Hell.

Im folgenden möchten wir kurz eine merkwürdige und auffallende Erscheinung beschreiben, die wir bei der Untersuchung des Verhaltens

des Stickstoffs gegen Teslaströme beobachtet haben.[1])

Der Apparat, dessen wir uns anfangs bedienten, hatte nachstehend gezeichnete Gestalt.



Eine weite Glasröhre R, an die oben und unten die Zu- und Ableitungsröhren a angesetzt sind, trägt in ihrer Achse ein enges Rohr r, welches eine einige Centimeter hohe Säule aus Quecksilber enthält. Das Quecksilber ist mit dem einen Pol P_1, eine auf der äusseren Röhre R befindliche Belegung S aus Zinnfolie mit dem anderen Pol P_2 einer Teslaanordnung in Verbindung. Aus der Belegung S ist vorne ein breiter Spalt ausgeschnitten, damit das Innere des Apparates bequem überschaut werden kann. Der Stickstoff tritt durch eine der Röhren a, durch welche, ist ganz gleichgültig, in den Raum zwischen R und r ein und verlässt diesen wieder durch die andere; er hat jedoch, um ein Eindringen von Luft in den Apparat zu vermeiden, vor seinem Austreten in die Atmosphäre noch eine Flüssigkeit, in der Regel Wasser, zu durchstreichen.

Setzt man die Teslaanordnung, ohne den Stickstoffstrom abzustellen, in Gang, so erfüllt sich die Röhre R mit einem bläulichen Lichte, das sich bei genauerer Betrachtung als aus blau gefärbten Bändern bestehend entpuppt. Gleichzeitig stellt sich aber noch an den Glasteilen des Apparates eine intensive gelbgrüne Fluoreszenz ein, die der durch Kathodenstrahlen bewirkten sehr ähnlich sieht.

Das blaue Leuchten bleibt nur bestehen, solange der Stickstoff strömt. Stellt man den Gasstrom ab, so treten nach kurzer Zeit rosarote Funken auf, bis schliesslich das ganze Röhreninnere nur noch von solchen Funken und rosarotem Lichte erfüllt ist. In dem Maasse wie das Blau in Rot umschlägt, geht auch die grüne Fluoreszenz zurück und ist nach wenigen Minuten nur noch ganz schwach vorhanden. — Lässt man den Stickstoff jetzt wieder aufs neue strömen, so verschwinden das rote Licht und die Funken rasch wieder; das blaue Licht und die grüne Fluoreszenz kommen ganz frappant wieder zum Vorschein.

So merkwürdig an und für sich schon das Auftreten der grünen Fluoreszenz ist, um so auffallender ist der Unterschied der Erscheinungen bei strömendem und ruhendem Stickstoffe.

Der verwendete Stickstoff war nicht rein. Wir haben ihn aus NH_4Cl und $NaNO_2$ bald ohne bald mit Zusatz von $K_2Cr_2O_7$ entwickelt und über Wasser in einem Gasometer aufgefangen. Er enthielt zweifellos etwas Stickoxyd[1]), wie man schon am Geruche wahrnehmen konnte. Vor seiner Verwendung wurde er noch durch konzentrierte Schwefelsäure gewaschen.

Die Verunreinigungen scheinen massgebend zu sein für das Zustandekommen der Erscheinungen im strömenden Stickstoffe, denn als wir den Stickstoff zur Entfernung der Stickoxyde über glühendes Kupfer leiteten, blieb jeder Unterschied zwischen strömendem und ruhendem Gase aus; in beiden Fällen trat das rosarote, mit Funken untermischte Licht und keine oder nur geringe grüne Fluoreszenz auf.

Die Erscheinungen bei strömendem Stickstoff beabsichtigen wir einer näheren physikalischen Untersuchung zu unterwerfen. Die bis jetzt erhaltenen Resultate seien kurz mitgeteilt. Das blaue Licht, und auch das rote in ruhendem Gas, geben beide ein aus Linien und Bändern bestehendes Spektrum.

Die grüne Fluoreszenz scheint sich da auszubilden, wo die blauen Strahlen, die übrigens keineswegs immer geradlinig verlaufen, auf Glas fallen. Kaliglas verhält sich wie Natronglas; beide fluoreszieren grün. Diese Versuche wurden mit Röhren ausgeführt, die den Röhren zur Erzeugung von Kathodenstrahlen nachgebildet waren. Die Elektroden waren nicht immer durch Glas von Stickstoff isoliert und hatten verschiedenerlei Gestalt.

Ob von den fluoreszierenden Stellen besondere Strahlen ausgehen, konnten wir noch nicht feststellen. Die bis jetzt angestellten Versuche mit Baryumplatincyanür-Krystallen liessen nichts Bestimmtes erkennen. Ein Magnet scheint nicht anders zu wirken, wie jeder beliebige Leiter. Wir haben eine Reihe von Mineralien, Bergkrystall, Thurmalin, Phosphorit, Steinsalz, den blauen Strahlen ausgesetzt, in der Hoffnung, verschiedene dieser Körper, ähnlich wie das Glas, zum Fluoreszieren bringen zu können. Leider wurden unsere Erwartungen bis jetzt getäuscht, vielleicht auch deswegen, weil die getroffene Versuchsanordnung nicht empfindlich

1) Vergleiche: F. Himstedt, Wied. Ann. **52**, 482.

1) Reines Stickoxyd kann durch Teslaströme sehr leicht zum Leuchten angeregt werden; die Erscheinung hat aber ein anderes Aussehen.

genug war. Wir haben die Mineralien nachher noch erhitzt, um zu sehen, ob sich vielleicht eine ähnliche, wie die von Wiedemann und Schmidt beobachtete Thermolumineszenz[1]) einstellt. Auch dies war vergebens, nur beim Strontianit trat einige Male eine schwache Thermolumineszenz auf. Eine deutliche Thermolumineszenz wurde dagegen beobachtet, wenn man die feste Lösung $Ca\,SO_4 + x\,Mn\,SO_4$ den Strahlen aussetzte.

1) Wied. Ann. **54**, 604 und **56**, 202.

Eine genauere Untersuchung der Fluoreszenzerscheinung ist im Gange. Zum Schlusse sei noch darauf hingewiesen, dass bei den unter Luftdruck stehenden Dämpfen organischer Substanzen, deren Verhalten gegen Teslaströme der eine[1]) von uns schon seit längerer Zeit studiert, eine derartige Fluoreszenzerregung noch nie beobachtet wurde.

1) Zeitschrift f. physik. Chem **26**, 719; **27**, 519; **28**, 688.

Technische Hochschule, Stuttgart. Laboratorium für allgemeine Chemie.

(Eingegangen 24. April 1901.

REFERATE.

Instrumentenkunde.

Besorgt von Privatdozent Dr. **W. Kaufmann.**

Neue physikalische Apparate der Firma Ferdinand Ernecke, Berlin.

Die Werkstätten für Präzisionsmechanik, Ferdinand Ernecke, bringen drei neue Instrumentarien in den Handel.

Das erste dient zur Demonstration der Versuche über elektrodynamische Repulsionen und Rotationen nach Elihu Thomson, sowie des Versuches über die Wirkung der Selbstinduktion beim Wehnelt-Unterbrecher.

Die interessanten Thomson-Versuche können bekanntlich statt wie bisher mit Wechselstrom, auch mit dem durch einen elektrolytischen Unterbrecher schnell unterbrochenen Gleichstrom einer Centrale von 65—220 Volt in sehr vollkommener Weise angestellt werden.

Der Erneckesche Apparat (D. R. G. M.) besteht im wesentlichen aus einer geeignet und günstig konstruierten Spule, welche einen gut unterteilten Eisenkern umgiebt.

Dieser Spule werden als Nebenapparate beigegeben:

1 dicker Kupferring mit 3 Schnüren und Karabinerhaken, 1 Aluminiumring, 1 Induktionsspule mit Glühlampe, 1 grössere Kupferscheibe, 1 kleinere Kupferscheibe mit Achathütchen, 1 Spitzenstatif dazu, 1 halbkreisförmige Kupferscheibe, 1 ringförmiges Metallgefäss mit Ansatzrohr, 1 starkwandiger Metallcylinder.

Es lassen sich dann mit dem gut ausgeführten Instrumentarium (Preis 69.40 Mk.) die Versuche anstellen über elektrodynamische Repulsionen (z. B. Hinausschleudern eines Aluminiumringes über die Spule bei Anwendung von 110 Volt bis zu 1 m Höhe und darüber, bei 220 Volt bis zu 6—7 m Höhe), über Rotation einer Kupferscheibe durch Stören der Symmetrie des Magnetfeldes der Spule (Elektromotor ohne Schleifringe und Bürsten), Leuchten einer mit Induktionsspule versehenen Glühlampe, Schirmwirkung einer Kupferplatte, Wärmewirkung durch die hohen Energiemengen, welche in guten Leitern bei der Induktion dieser Ströme verbraucht werden etc. etc.

Die zweite Neukonstruktion betrifft ein wohlfeiles Instrumentarium zur Demonstration der Versuche von Hertz über die Eigenschaften der elektrischen Wellen.

Die vereinfachte Konstruktion zeichnet sich besonders durch die Einfachheit des Oszillators, der aus zwei Zinkkugeln besteht, die einfache Einstellung der günstigsten Entfernung derselben mittelst eines dem Apparate beigegebenen Metallplättchens und die Beseitigung der oft störenden „Nebenwellen" aus.

Der Resonator der Erneckeschen Anordnung besteht aus einem Kohärer, welcher mit 2 Spalten versehen und sehr genau einreguliert ist.

Die exakt und sehr sicher wirkende Anordnung besteht aus 1 parabolischen primären Spiegel mit Hertz-Sender (Oszillator), 1 parabolischen sekundären Spiegel mit Branly-Marconi-Kohärer (Resonator), 1 einregulierten elektrischen Klingel zur Zeichenangabe, 2 Trockenelementen, 1 Drahtgitter, 2 Blechschirmen, 1 Metallplättchen zur Einstellung der günstigsten Entfernung der Oszillatorkugeln. (Preis 78 Mk.)

Zum Betriebe des Instrumentariums benötigt man nur eines gleichmässig wirkenden kleinen Funkeninduktors von 1 ½—2 cm Funkenlänge. (Preis 38 Mk.)

Der dritte Apparat ist der bereits in dieser Zeitschrift (**2**, 267, 1901) beschriebene Extrastrom-Apparat zur Darstellung luftlinienfreier Spektra nach Prof. Dr. A. Miethe (D. R. P. a.

Wegen der Einzelheiten der Konstruktion kann auf die Miethesche Veröffentlichung verwiesen werden.

In beifolgender Figur, die den Erneckeschen Apparat darstellt, ist S die Selbstinduk-

tionsspule, *U* die Funkenstrecke; die Feder *F* wird durch eine zweite Feder *f*, welche nach dem Prinzipe des Wagnerschen Hammers durch einen Elektromagneten *s* in Bewegung gesetzt wird, erregt. Wagnerscher Hammer und Hauptstromkreis werden durch die gleiche Stromquelle betrieben.

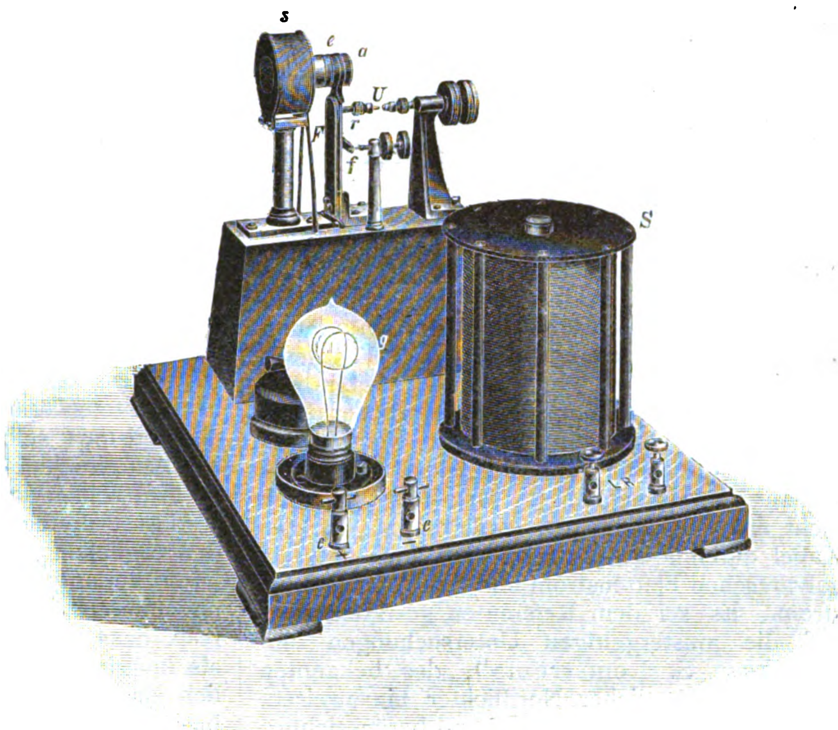
Der Apparat wird sowohl für Anschluss an eine Lichtcentrale, als auch für Akkumulatorenbetrieb von 16 Volt gebaut.

Im ersteren Falle dient eine Glühlampe *g* als Vorschaltwiderstand und in den Stromkreis der Unterbrechungsstelle *U*, in der sich auch die Spule *S* mit hoher Selbstinduktion befindet, wird mittels Anschluss an die Klemmen *LR* ein Lampenrheostat von 5 Lampen, die beliebig ein- und ausgeschaltet werden können, gelegt. Die Glühlampe und der Lampenrheostat ist mit einer Abblendevorrichtung versehen.

Der direkte Anschluss an die Centrale findet durch die Klemmen *ee* statt.

In der Ausführung des Apparates für Akkumulatorenbetrieb fällt die Glühlampe *g* fort und es ist zwischen die Klemmen *LR* ein Schieberheostat zu schalten. An die Klemmen *ee* wird die Akkumulatorenbatterie von 8 Zellen angeschlossen.

Der Apparat mit vier Platinelektroden, die der besseren Wärmeleitung wegen in Kupferklötzchen stecken, kostet 185 Mk., wozu noch im Falle des Betriebes durch eine Centrale der



Lampenrheostat mit 42 Mk., bei Akkumulatorenbetrieb ein Schieberheostat mit 35 Mk. und eine entsprechende Akkumulatorenbatterie treten.

Ernst Ruhmer.

BESPRECHUNGEN.

B. Weinstein, Die Erdströme im deutschen Reichstelegraphengebiet und ihr Zusammenhang mit den erdmagnetischen Erscheinungen. 8⁰. 78 Seiten. Mit einem Atlas in 19 Tafeln, 4⁰. Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1900. Preis Mk. 4.—.

Auf Anregung des Staatssekretärs von Stephan unternahm die Reichspostverwaltung mehrjährige, ausgedehnte Messungen des Erdstromes, die nunmehr von dem Verfasser bearbeitet worden sind. Es standen zwei unterirdische Kabel zur Verfügung, die von Berlin ausgehend in Thorn resp. in Dresden endigten. Über die nähere instrumentelle Einrichtung wird auf Stephans Arbeit verwiesen und nur mitgeteilt, welche Apparate zur Verwendung kommen. Für die Thorner Leitung war dies ein anderer als für die Dresdener, ein an sich günstiger Umstand, da die instrumentelle Eigenheit herausfällt, wenn man beide Apparate vertauscht. Eine solche Vertauschung scheint aber nicht vorgenommen zu sein. Es ist dies wohl auf die hohen Kosten zurückzuführen, die dies verlangen würde. Es ist überhaupt zu beklagen, dass über die instrumentellen Dinge, die Bestimmung der Konstanten und namentlich der Widerstandsmessungen der Erdplatten keine Daten mitgeteilt werden, an Hand derer man eine Kritik der Beobachtungen durchführen könnte. Und, nach allem, was mitgeteilt wird, ist das Material doch ein sehr inhomogenes. Da ausserdem die veröffentlichten Werte in un-

bekannten Einheiten ausgedrückt sind, kann man nicht gut etwas anderes als qualitative Untersuchungen mit ihnen anstellen.

Ein Hauptergebnis sieht der Verfasser in dem Nachweis einer ausgesprochenen Periodizität des beobachteten Stromes, aus der er schliesst, dass nunmehr die Existenz von Erdströmen ausser allen Zweifel gesetzt sei. Dass Erdströme überhaupt vorhanden sind, ist nicht lange bezweifelt worden; die Schwierigkeit der Frage liegt vielmehr in einem anderen Punkte. Man ist sich nicht klar über das, was man die Intensität des Erdstromes nennen soll. Verbindet man zwei irgendwo eingesenkte Erdplatten leitend miteinander, so beobachtet man einen Strom, dessen Intensität von allerlei instrumentellen Dimensionen und der Entfernung der Platten voneinander abhängt. Was fraglich ist, das ist, ob ohne leitende Verbindung zwischen den Plattenorten ein natürlicher Erdstrom fliesst und, falls dem so, wie die gemessene Intensität mit der des natürlichen Stromes zusammenhängt. Man misst nämlich nicht nur den Anteil des Erdstromes, der das Kabel durchfliesst, sondern auch noch den rein galvanischen Plattenstrom und den Polarisationsstrom. Es sei dem Referenten gestattet, hier auf die mustergültigen Untersuchungen und Messungen S. Lemströms[1]), des bekannten Erzeugers künstlicher Nordlichter hinzuweisen, der diese Fehlerquellen eingehend berücksichtigt und ihren Einfluss genau bestimmt, während der Verfasser vorliegende Arbeit die drei Stromarten nicht trennen kann, da es an den nötigen Beobachtungen fehlte.

Der erste Teil der Arbeit befasst sich mit dem täglichen Verlaufe des Erdstromes. Das Material geben die ruhigen Tage der Registrierungen beider Linien ab, nachdem die in unbekannten Einheiten gegebenen Zahlen auf wahre Ost-West- resp. Nord-Südrichtung reduziert sind. Mit Hilfe harmonischer Reihen werden daraus die Verläufe berechnet, wie sie sich in den grossen Zügen ergeben. Aus der so berechneten regelmässigen Periodizität der Verläufe zieht der Verfasser den schon erwähnten Schluss, dass der Erdstrom reale Existenz hat. Die Kurven werden namentlich in Bezug auf die Lage ihrer Extreme zum Sonnenstande besprochen, wobei natürlich zwischen Nord-Süd und dem Ost-Weststrom Unterschiede bestehen müssen. Wesentlicher wäre wohl die Untersuchung des resultierenden Stromes gewesen, denn er ist die Naturerscheinung und nicht die Komponentenströme. So sind z. B. auch die S. 19 gebildeten Differenzen zwischen den Extremzeiten beider Stromkomponenten von keiner geophysikalischen Bedeutung.

Im zweiten Teile werden auf entsprechende Art die erdmagnetischen Variationen der Stationen Wilhelmshaven, Wien, Fort Rae, Süd-Georgien und Kingua-Fjord untersucht, nur dass jetzt bekannte Einheiten zu Grunde liegen. Das Neue an diesen Betrachtungen ist die Verbindung der Richtungsvariationen der täglichen Variation des Totalmagnetismus mit dem Sonnenstande. Dieser Teil der Arbeit wird für das weitere Studium der Variationen von Wert sein und als gutes Material dienen.

Der dritte Teil vereint die Resultate der vorangegangenen, indem er Betrachtungen darüber anstellt, inwieweit Erdstrom und Erdmagnetismus voneinander abhängen können. Als Ergebnis zieht der Verfasser den Schluss „dass wenigstens ein Teil der an den Magnetometern beobachteten Variation nur scheinbar den Erdmagnetismus selbst betrifft, in Wahrheit aber auf Änderungen des Erdstromes beruht."

Auf seinen Resultaten fussend kritisiert der Verfasser die Schuster-Bezoldsche Theorie[1]) der täglichen Variation des Erdmagnetismus. Diese verlangt eine Kräftesystem, das in sich unverändert die Erde in einem Tage umläuft, resp. dass man es für den Zeitraum eines Tages als invariabel auffassen kann. Es wird natürlich eine jährliche und eine säkulare Variation besitzen. Die Wirkung des Feldes an den verschiedenen Orten eines Breitenkreises kann deshalb doch lokal alteriert sein, und wenn Verfasser dies als notwendig erachtet nach den Ergebnissen seiner Untersuchungen, so spricht dies nichts gegen die Annahme des täglichen Feldes. —

Das sind im grossen und ganzen die Resultate des Verfassers. Denselben schliessen sich eine Reihe Nebenuntersuchungen, z. B. über kleine sekundäre Wellen und anderes an, worauf hier nicht eingegangen werden kann. Der Atlas giebt ausführliche graphische Darstellungen der untersuchten Erscheinungen, wobei anerkennenswerter Weise ausgiebiger Gebrauch von astronomisch orientierten Vektordiagrammen gemacht worden ist.

1) S. Lemström und E. Briese, Expéd. polaires piclandaises. 1882—83 und 83—84. Band 3. Helsingfors 1898.

1) Siehe hierüber des Referenten Bericht über den heutigen Stand der Theorie des Erdmagnetismus. Diese Zeitschrift 2. S. 122 und ff., 1900.

Potsdam. A. Nippoldt.

(Eingegangen 30. Januar 1901.)

Personalien.

An der Universität Freiburg i. B. hat sich Dr. Wolf Müller für das Fach der Chemie habilitiert.

In Erlangen habilitierte sich Dr. Jordis für anorganische Chemie.

In Baltimore starb der Professor an der John Hopkins-Universität Henry A. Rowland, einer der hervorragendsten Physiker in den Vereinigten Staaten.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 33. 18. Mai 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Spektrophotometrische Studie der Hydrolyse von Eisenchlorid.[1])

Von B. E. Moore.

Die Hydrolyse von Eisenchlorid wurde mit Hilfe des Braceschen Spektrophotometers untersucht. Die beiden Seiten eines Acetylenbrenners L (Fig. 1) warfen ihr Licht auf zwei Spiegel M_1, M_2, welche dasselbe auf die Spalten S_1, S_2 reflektierten. Von dort gelangte das Licht

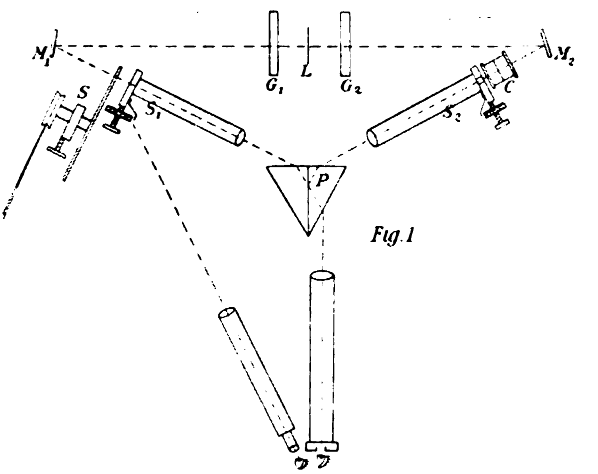


Fig. 1

durch das Brace-Prisma nach dem Auge. Die Skala des beweglichen Spaltes wurde mittels eines Fernrohres abgelesen, welches sich unmittelbar neben dem Augenstück des Photometers befand. Um die Kalibrierung des Spaltes zu umgehen, wurde ein rotierender Sektor S mit 8 Ausschnitten in Verbindung mit dem Spalt benutzt. Durch diese Methode differieren die Spalte höchstens um $^1/_{16}$ der Breite, und betrug der Fehler, welcher vom Nicht-Kalibrieren herrührte, höchstens $^1/_{20}$ Prozent. Zwei identische Absorptionszellen von 4 cm Dicke befanden sich vor dem festen Spalt. Die eine Zelle enthielt Wasser, die andere die verdünnte Lösung. Fünf Ablesungen wurden mit Wasser angestellt, darauf zehn mit der Lösung und schliesslich wieder fünf mit Wasser. Das Verhältnis der Ablesungen an einer und derselben Stelle des Spektrums gab den Prozentsatz Licht, welcher von der Lösung an dieser Stelle hindurchgelassen wurde. Wenn die Lösungen nicht verdünnt sind, so sind zwei Korrektionsglieder nötig. Zunächst haben wir eine Fresnelsche Korrektur beim Übergang von einem Medium zum anderen; die Medien sind nicht identisch in beiden Zellen, d. h. es besteht eine Differenz in der Brechung von Wasser und Lösung. Zweitens verdrängt die gelöste Substanz etwas von den Lösungsmittel, so dass die äquivalente Länge des Lösungsmittels verkleinert wird. Diese Grössen wurden vernachlässigt. Das Absorptionsgesetz lautet

$$i = i_0\, e^{-kcl},$$

wo i_0 und i die Intensitäten des einfallenden und hindurchgelassenen Lichtes, c die Konzentration, l die Dicke des Troges und k eine Konstante bedeutet, welche von der Wellenlänge abhängt. Bei den Versuchen wird i als Prozente von i_0 gemessen, und daher ist

$$k = -\log i/cl$$

oder k und c variieren wie die Kologarithmen der Intensität.

Nun bildet sich allmählich durch Hydrolyse das gefärbte Endprodukt; ist die Ausgangslösung farblos und das Endprodukt gleichartig, so geben die Kologarithmen des beobachteten durchgegangenen Lichtes die relative Geschwindigkeit der Umsetzung, d. h. die relative Konzentration des Endprodukts. Lösungen von folgender Konzentration, 0,0003 n, 0,0006 n, 0,0008 n, 0,0010 n, 0,0012 n, 0,0016 n, 0,0024 n in Bezug auf $Fe\,Cl_3$ wurden untersucht und zwar bei 500 λ, wo die Absorption anfangs gering, aber zum Schluss sehr gross ist. Die beobachteten Inten-

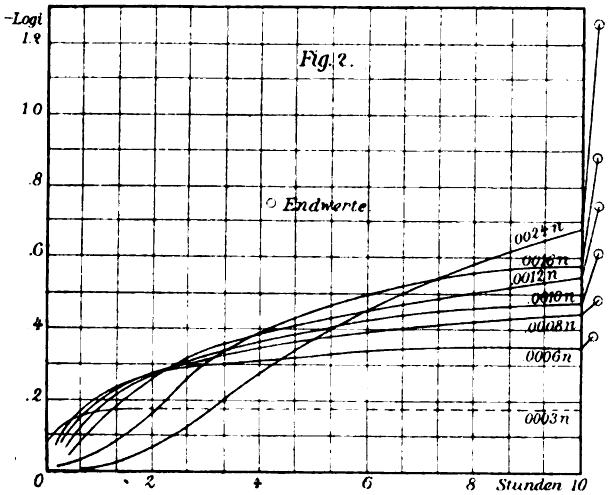
1) Ausführlich in The Physic. Rev. **12**, 151, 1901.

sitäten des durchgelassenen Lichtes stehen in in Tabelle 1 für 0,0003 n.

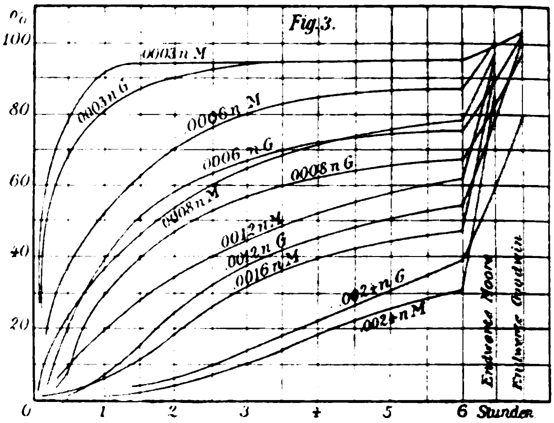
Tabelle I.

Zeit nach der Verdünnung Minuten	Prozent Licht i hindurch gelassen	$log\ i$
2	92	0.0362
4	85.5	0.068
8	80	0.0969
12	77.6	0.1101
16	76	0.1192
26	72.8	0.1379
32	71	0.1487
40	69.8	0.1561
54	67.6	0.1701
X	65.5	0.838

In Fig. 2 sind die Kologarithmen der beobachteten Intensitäten für alle Konzentrationen als Ordinaten und Zeiten nach Beginn der Hydrolyse als Abscissen aufgetragen. Es ist

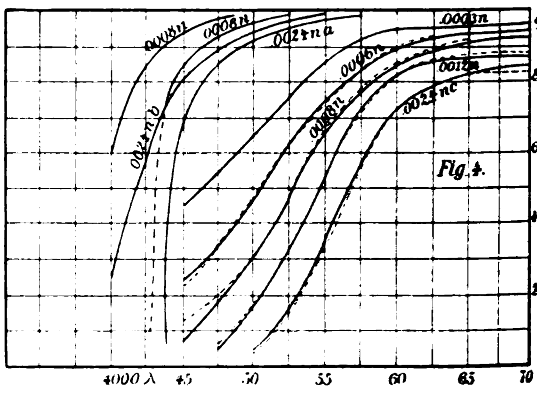


dabei angenommen, dass die 0,0003 n-Lösung schliesslich bis 99,2 Prozent hydrolysiert ist (abgeleitet durch Extrapolation aus Goodwins Tabelle 10, Zeitschrift physik. Chemie **21**, S. 1); die Prozente der hydrolysierten Mengen bei verschiedenen Konzentrationen sind mit Hilfe dieser Annahme berechnet worden. Diese Werte sind mit ähnlichen Werten, welche aus Goodwins elektrischen Messungen durch Extrapolation aus seiner Formel berechnet worden sind, verglichen worden. Mittels dieser Daten sind die Kurven in Fig. 3 unter G (Goodwin) und M (Moore) gezeichnet. Aus den Kurven, welche an einzelnen Stellen bedeutende Differenzen zeigen, lässt sich entnehmen, dass des Verfassers Lösungen wärmer waren, oder dass in der Natur der Lösungen ein Unterschied besteht. Auch ist zu berücksichtigen, dass die



obigen Annahmen etwas willkürlich sind. Offenbar giebt aber das optische und elektrische Verfahren ungefähr dieselben Resultate, jedenfalls lässt sich aus beiden Methoden so viel entnehmen, dass das Endprodukt dasselbe ist.

Die Kurven Fig. 4 zeigen die Prozente des durch das Endprodukt hindurchgelassenen Lichtes. Die punktierte Linie giebt die Lage der Kurve an, wenn die Beobachtungen für die verdünnteste Lösung richtig wären und unter der weiteren Annahme, dass die Endwerte bei 500 λ die Prozente des im Ganzen neu entstandenen Körpers liefern. Die gute Überein-



stimmung zwischen berechneten und beobachteten Werten beweist, dass das Endprodukt oder die Endprodukte in allen verschieden konzentrierten Lösungen dieselben sind. Hieraus folgt, dass Körper wie $Fe\ Cl_2\ (OH)$ oder $Fe\ Cl\ (OH)_2$ in verschiedenen Proportionen je nach der Konzentration nicht vorhanden sein konnten; es müsste denn sein, dass diese Verbindungen alle dieselben Absorptionsspektra besässen, was doch sehr unwahrscheinlich ist.

Anstatt die Konzentration allein zu variieren, könnten wir die Konzentration und Schichtdicke so ändern, dass ihr Produkt stets dasselbe ist. Dies Verfahren erlaubt Änderungen

in der Absorption, welche von der Verdünnung herrühren, zu ermitteln. Denn, wenn die verdünnte Lösung dieselbe Zusammensetzung besitzt, wie die ursprüngliche, so müsste das Spektrum dasselbe sein, wenn die Schichtdicke so vergrössert wird, dass das eben erwähnte Produkt konstant bleibt. Nun war die konzentrierteste Lösung, bei der die Hydrolyse untersucht wurde, 1250 mal verdünnter als die Ausgangslösung. Da die Tröge nur 4 cm dick waren, so hätte die Ausgangslösung in einer Schichtdicke von 0,0032 cm dieselbe Absorption zeigen müssen. Bequemlichkeitshalber wird die letztere Lösung willkürlich 0,0024 *n* (konzentriert) und die erstere 0,0024 *n* (verdünnt) genannt. Fig. 4 giebt die Kurven, welche den Beobachtungen entsprechen, wieder und zwar entspricht 0,0024 *n*, *a* der konzentrierten und 0,0024 *n*, *b* der verdünnten und 0,0024 *n*, *c* derselben Lösung, nachdem die Hydrolyse beendet ist. Ähnliche Kurven sind für 0,0008 *n* dargestellt, nur ist die Kurve für 0,0008 *n*, *b* (verdünnt) nur angenähert richtig, da wegen der sehr rasch fortschreitenden Hydrolyse die Beobachtungen nicht absolut sicher sind.

Aus den Beobachtungen wurden folgende Schlüsse gezogen:

1. Die Untersuchung der Absorptionsspektra ist eine gute Methode, um die fortschreitende Umwandlung in die kolloidale Modifikation zu verfolgen (Fig. 3 und 4). Die Methode wird überall, wo wir es mit Farbenänderungen zu thun haben, gute Dienste leisten.

2. Es wird bewiesen, dass eine Ionisation stattgefunden hat (Kurven 0,0024 *n*, *a* und *b*, 0,006 *n*, *a* und *b*) und dass die Ionen nicht vollständig durchsichtig sind. Die Kurven 0,0024 *n*, *b* und 0,0008 *n*, *b*, Fig. 4, geben eine zu grosse Absorption, die nicht allein von dem undissoziierten Salze herrühren kann.

3. Der Ionisationsgrad lässt sich im vorliegenden Falle nicht bestimmen, doch ist dies offenbar in anderen Fällen möglich.

4. Während aus den elektrischen Messungen hervorgeht, dass zwei verschiedene Eisenionen in der Lösung vorhanden sind, lassen sich aus den mittelst der optischen Methode angestellten Messungen nur geringfügige Gründe zu Gunsten dieser Annahme ableiten. Die Absorption nimmt in den Lösungen beim weiteren Verdünnen relativ ab und ist die Absorption in allen Fällen zu gross, als dass sie allein von dem nichtdissoziierten Anteil herrühren könnte. Nehmen wir Goodwins Theorie an, nach der *Fe OH*-Ionen auf Kosten der *Fe*-Ionen beim weiteren Verdünnen zunehmen und machen wir die weitere Annahme, dass die ersteren durchsichtiger sind als die letzteren, so müssten sich die Lösungen so verhalten, wie es thatsächlich beobachtet worden ist. Die Berechnungen für Kurve 3 beruhen auf dieser Annahme, und die gute Übereinstimmung zwischen beobachteten und berechneten Werten spricht sehr zu Gunsten derselben.

5. Die Untersuchung der in den Lösungen vorsichgehenden Änderungen an weniger günstigen Stellen des Spektrums als bei 500 λ zeigten einige Abweichungen, welche sich auf Grund der Annahme erklären liessen, dass im Endprodukt Moleküle von verschiedener Grösse vorhanden wären, oder mit anderen Worten, dass x in $(Fe\,O_3\,H_3)_x$ variiert, indem sich zuerst Moleküle mit einem gewissen x bilden, die später in solche mit einem anderen x übergehen. Möglicherweise rühren alle diese Abweichungen auch von Ablesefehlern her; da aber letztere, wie aus wiederholten Beobachtungen hervorging, nur $^1/_3$ der beobachteten Grösse betrugen, so ist die zuletzterwähnte Erklärung nicht sehr wahrscheinlich.

6. Die Verschiebung des Absorptionsbande nach dem Rot und die Zunahme der Absorption bei der Bildung von zusammengesetzteren und schwereren Molekülen stehen mit den herkömmlichen dynamischen Überlegungen im Einklang. Aus der grossen und scharf ausgeprägten Absorption lässt sich entnehmen, dass diese Lösungen wahrscheinlich anomale Dispersion zeigen.

7. Obwohl die aus der Absorptionsmethode gezogenen Schlüsse verschiedenen Einschränkungen unterworfen sind, so zeigt sie doch häufig in Fällen, wo andere Methoden versagen, an, dass die Struktur verwickelter ist, als man wohl zunächst annehmen würde. Die Methode verdient daher mehr Aufmerksamkeit, als ihr bisher zu teil geworden ist.

(Eingegangen 19. April 1901.)

(Aus dem Englischen übersetzt von C. G. Schmidt.)

Über Leitfähigkeit in Gasen, erzeugt durch die Bewegung negativ geladener Ionen.[1])

Von John S. Townsend.

I. In einer in „Nature" vom 9. August 1900 veröffentlichten Notiz gab ich eine kurze Beschreibung einiger Versuche, die darthaten, dass, wenn sich negativ geladene Ionen durch ein Gas bewegen, dieselben andere Ionen erzeugen, selbst wenn die Kraft, die auf erstere wirkt, sehr klein ist im Vergleiche zu derjenigen, die nötig ist, um Funkenentladung oder Entladung in einem Vakuumrohr zu erzeugen.

1) Für die Physik. Zeitschrift vom Verfasser bearbeitet. Ausführl. in Phil. Mag. Febr. 1901.

Späterhin (Phil. Mag. Febr. 1901) gab ich eine ausführlichere Darstellung der Versuche sowohl, als der Theorie, zu der mich die experimentellen Resultate geführt haben. In der gegenwärtigen Mitteilung sollen die Grundzüge der von mir zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen gegebenen Theorie dargelegt werden.

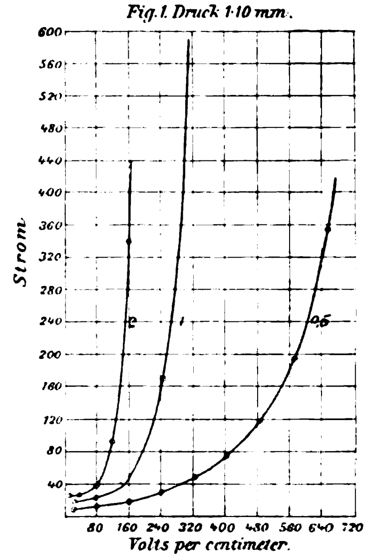
Bei allen hier in Betracht kommenden Versuchen wurde durch irgend eine äussere Quelle, wie Röntgen- oder Becquerelstrahlen, eine Anzahl Ionen in dem betreffenden Gase erzeugt. Der Charakter der durch diese Strahlen erzeugten Leitfähigkeit war Forschungsgegenstand verschiedener Physiker, und es wurde allgemein angenommen, dass, wenn die wirksame elektrische Kraft vergrössert wird, sich die Leitfähigkeit einem Maximum nähert. So sagen z. B. J. J. Thomson und E. Rutherford, dass „für eine gegebene Strahlungsintensität der Strom nicht über ein gewisses Maximum hinausgeht, wie gross auch die angewandte E. M. K. sein möge. Zahlreiche Versuche bei hohen Drucken und mit Elektroden verschiedener Form zeigten, dass sich die Leitfähigkeit bei einer Umkehrung der Stromrichtung nicht änderte".

Aus den in der vorliegenden Abhandlung beschriebenen Versuchen ist nun zu entnehmen, dass bei niederen Drucken die Beziehung zwischen Strom und elektromotorischer Kraft durch keine dieser Eigenschaften charakterisiert ist. Ein kritischer Druck oder elektromotorische Kraft, bei welcher eine Diskontinuität auftritt, existiert nicht; sondern bei abnehmendem Druck verliert der Zusammenhang zwischen Stromstärke und elektromotorischer Kraft allmählich jene einfachen Eigenschaften, die ihn bei hohen Drucken auszeichnen und zwar um so mehr, je mehr man den Druck vermindert.

Bei niederen Drucken ist es, als ob der Strom bei Zunahme der E. M. K. durch drei Intervalle hindurchginge. Im ersten Stadium nimmt der Strom mit der E. M. K. zu; im zweiten Stadium bleibt der Strom praktisch konstant und zeigt nur kleine Änderungen bei einer verhältnissmässig grossen Änderung der elektrischen Kraft; im dritten Stadium endlich wächst der Strom rasch mit der E. M. K. Es kann auch für gewisse Formen von Elektroden eine grosse Verschiedenheit der Leitfähigkeit durch Umkehrung der Stromrichtung erzielt werden. Dies ist besonders auffällig, wenn eine Elektrode die andere umgiebt; gering ist der Unterschied bei Anwendung paralleler Platten. Sind im letzteren Falle die beiden Metalle aus demselben Metall, dann erzeugt Umkehrung der Stromrichtung keinen Unterschied der Leitfähigkeit.

II. Die Beziehung zwischen der elektrischen Kraft und dem Strome wurde untersucht für die Plattenabstände von 2, 1 und $^1/_2$ cm. Die Versuche wurden mit Luft bei verschiedenen Drucken ausgeführt. Fig. 1 zeigt die bei 1,1 mm *Hg* erhaltenen Resultate graphisch.

Fig. 1. Druck 1·10 mm.



Die Ordinaten geben den Mittelwert aus den beiden durch Umkehrung der Stromrichtung erzeugten Werten der Stromstärke. Die Abscissen sind die E. M. K. in Volts/cm. Der Strom dauert nur so lange, als die Strahlen auf das Gas wirken. Die Stromeinheit ist $1{,}4 \cdot 10^{-}$ Amp. (zwischen zwei Platten von 10 cm Durchmesser).

Die Versuchsresultate lassen sich vollkommen befriedigend erklären, wenn wir annehmen, dass alle von den Strahlen (inklusive der sekundären X-Strahlen) erzeugten Ionen von den Platten aufgefangen werden, wenn die elektromotorische Kraft klein ist (ungefähr 20 Volts/cm) und der Strom praktisch von der E. M. K. unabhängig ist. Die weiterhin erfolgende Erhöhung der Leitfähigkeit ist dann verständlich, wenn wir sie auf die Bewegung der negativen Ionen zurückführen, die, wenn die elektrische Kraft vergrössert wird, durch ihre Zusammenstösse mit den Molekülen des Gases neue negative Ionen erzeugen, die die gleichen Eigenschaften haben, wie die ursprünglich durch die Strahlen generierten. Es ist klar, dass, wenn durch diese Zusammenstösse mit den Gasmolekülen beide Arten von Ionen neue Ionen erzeugen würden, dann der Strom nicht gleichzeitig mit der Wirkung der Strahlen aufhören würde. Wir müssen deshalb die Vergrösserung der Leitfähigkeit Ionen einer Art zuschreiben; und aus Versuchen, bei denen sich die eine Elektrode innerhalb der anderen befindet, geht deutlich hervor, dass es die negativen Ionen sind, die diese grosse Erhöhung der Leitfähigkeit hervorrufen.

Der erste Schritt, der in Richtung einer Erklärung der Resultate zu thun ist, ist der, aus den Kurven die Anzahl α von Ionen einer Art

zu bestimmen, die ein einfaches negatives Ion erzeugt, wenn es unter einer bekannten elektrischen Kraft den Weg von einem Centimeter im Gas zurücklegt. Die Anzahl positiver Ionen, die erzeugt werden, ist gleich der Anzahl negativer, so dass wir im folgenden nur die negativen Ionen zu betrachten brauchen, indem als selbstverständlich angenommen wird, dass da, wo ein negatives Ion erzeugt wird, auch ein positives entsteht. Es wirke eine elektrische Kraft X auf N_0 negative Ionen bei einem Druck p und der Temperatur t, und es sei N die Gesamtzahl der negativen Ionen, nachdem die N_0 Ionen den Weg x zurückgelegt haben. Die neuen negativen Ionen bewegen sich mit derselben Geschwindigkeit wie die ursprünglichen N_0-Ionen, so dass alle negativen Ionen während der Bewegung zusammen gefunden werden. Die Anzahl von negativen Ionen, welche N Ionen bei der Zurücklegung des Weges dx erzeugen, wird gleich sein $\alpha N dx$, wo α eine von X, p und t abhängige Konstante ist.

Dann ist

1) $$dN = \alpha N dx$$

$$N = N_0 e^{\alpha x}.$$

Es seien weiter $n_0 l$ negative Ionen gleichförmig zwischen zwei im Abstande l voneinander befindliche Platten verteilt, und die Kraft X wirke auf dieselben.

Dann ist die Anzahl der Ionen, welche an der positiven Platte ankommen

$$C = \int_0^l n_0 e^{\alpha x} dx = \frac{n_0}{\alpha}\left(e^{\alpha l} - 1\right)$$

und das Verhältnis dieser Zahl zur ursprünglichen ist

$$\frac{C}{n_0 l} = \frac{1}{\alpha l}\left(e^{\alpha l} - 1\right).$$

Daher ist, wenn C_0 die Anzahl der von den primären und sekundären Strahlen erzeugten Ionen bedeutet, der Gesamtstrom im Gase gleich

2) $$C = \frac{C_0}{\alpha l}\left(e^{\alpha l} - 1\right).$$

C_0, der Strom im Gase, solange noch keine Ionen durch Zusammenstösse erzeugt werden, ist in jeder Kurve durch die Y-Ordinate in dem Punkte dargestellt, wo die Tangente zur Kurve als der X-Achse parallel angenommen werden kann.

Das Verhältnis $\frac{C}{C_0}$ ist eine Funktion des Plattenabstandes und eine einfache Rechnung zeigt, dass Gleichung (2) vollkommen die Formen der drei Kurven in Figur (1) erklärt.

Die Werte von α können bestimmt werden durch Einsetzen des experimentell Bestimmten $\frac{C}{C_0}$ und des bekannten Plattenabstandes l in Gleichung (2).

Die kleinen Werte von α ergeben sich aufs genaueste aus der Kurve für $l = 2$ cm; einige der Werte wurden mittelst 2 Kurven berechnet, und die Übereinstimmung der erhaltenen Zahlen zeigt, dass der durch das Voneinanderentfernen der Platten erhaltene Effekt vollkommen durch die Theorie erklärt wird.

Die folgende Tabelle giebt die Werte von α für verschiedene Kräfte und bei den Abständen $l = 2{,}1$, und 0,5 cm. Die Werte wurden bei 1,1 mm Hg erhalten.

Tabelle der Werte von α bei 1,1 m/m.

X	$l = 2$	$l = 1$	$l = 0{,}5$ cm
80	0.45		
120	1.11	1.09	
160	2.02	1.98	
200		2.8	
240		3.7	4.0
320		5.4	5.5
400			6.8
480			8.0
560			9.3
640			10.6

Ähnliche Zahlen wurden für andere Drucke erhalten.

III. Untersuchen wir jetzt den Zusammenhang zwischen α, p und X bei konstanter Temperatur t. Es kann leicht gezeigt werden, dass die Geschwindigkeit der Ionen gross sein muss im Vergleich zur Geschwindigkeit, mit der sich die Gasmoleküle bewegen, so dass wir letztere als in Ruhe befindlich betrachten können. Die freien Weglängen, die ein Ion zurücklegt zwischen zwei Zusammenstössen mit neutralen Molekülen, werden nicht alle von gleicher Länge sein. Bei einer Anzahl y Weglängen werden eine Anzahl $y \cdot e^{-\frac{x}{c}}$ die Weglänge x überschreiten. c bedeutet die mittlere freie Weglänge. Sei β die Anzahl der Zusammenstösse, die ein Ion mit den Gasmolekülen hat, wenn es bei 1 mm Druck 1 cm weit wandert. Die Anzahl der Zusammenstösse für denselben Weg beim Druck p wird gleich βp sein, und die mittlere freie Weglänge gleich $\frac{1}{\beta p}$. Die Anzahl der Weglängen pro Centimeter, die grösser sind, als die Weglänge x, sind gleich $\beta p e^{-\beta p x}$.

Die Anzahl Weglängen zwischen x_1 und x_2 gleich $\beta \cdot p\left(e^{-\beta p x_1} - e^{\beta p x_2}\right)$.

Sei I_p die Geschwindigkeit, die ein Ion erlangt hat, wenn es sich frei zwischen 2 Punkten bewegt, deren Potentialunterschied gleich P Volts

ist. Es sei $X \times x_1 = P$ und $X \times x_2 = Q$, wo X die auf das Gas wirkende Kraft ist.

Dann kollidiert ein Ion mit Kollisionsgeschwindigkeiten zwischen I_P und I_Q in der Zeiteinheit

$$3)\qquad \beta p \left(e^{-\frac{\beta p P}{X}} - e^{-\frac{\beta p Q}{X}} \right)$$

mal, wobei wir annehmen, dass nach einem Zusammenstosse die Geschwindigkeit eines Ions klein ist im Verhältnis zu der, die es vor dem Zusammenstosse hatte. (Diese Annahme würde für sehr grosse Stossgeschwindigkeiten nicht legitim sein, aber hier dürfen wir bei den betrachteten Geschwindigkeiten diese Annahme machen.)

Ist das Potential P gross, dann wird, gemäss unserer Theorie, ein neues Paar Ionen bei jedem dieser Zusammenstösse gebildet; ist aber P klein, (ungef. 10 bis 20 Volts), dann werden neue Ionen nur unter besonders günstigen Bedingungen erzeugt. Sei β_P die Zahl der bei β Zusammenstössen erzeugten negativen Ionen (wo die Geschwindigkeit beim Zusammenstoss zwischen I_p und I_{p+1} war). Dann ist:

$$4)\qquad \alpha = p \sum_{P=0}^{P=x} \beta_p \left(e^{-\frac{\beta_p P}{X}} - e^{-\frac{\beta_p (P+1)}{X}} \right)$$

Der Maximalwert, den jeder der Koeffizienten β_p erreichen kann, ist β.

Gleichung (4) kann in allgemeinerer Form geschrieben werden

$$5)\qquad \frac{\alpha}{p} = f\left(\frac{X}{p}\right)$$

und wenn keine Einschränkung in betreff der Funktion f verlangt wird, ist es nicht nötig, anzunehmen, dass die Ionengeschwindigkeit nach dem Zusammenstoss klein ist.

Nehmen wir also an Stelle von Gleichung (5) an, dass $\alpha = \Phi(X, p)$, wo Φ eine ganz allgemeine Funktion ist. Wird p gleich $z \cdot p$, dann werden alle Weglängen im Verhältnis $\frac{1}{z}$ kürzer. Die auf ein Ion wirkende Kraft X entlang eines Weges x wird dieselbe Wirkung wie die Kraft $z \cdot X$ entlang eines Weges $\frac{x}{z}$ haben. Daher, wenn X und p gleichzeitig gleich $z \cdot X$ und $z \cdot p$ werden, so werden die die Zusammenstösse bedingenden Umstände ungeändert bleiben. Die Anzahl der Zusammenstösse jeder besonderen Art, die entlang eines Weges von 1 cm erfolgen, wird im Verhältnis $z : 1$ vermehrt. Daher wird α geändert in $z \cdot \alpha$ und

$$\Phi(z \cdot X, z \cdot p) = z \Phi(X, p)$$

für alle Werte von z. Daher ist weiter

$$\Phi = p f\left(\frac{X}{p}\right),$$

wo f eine willkürliche Funktion ist.

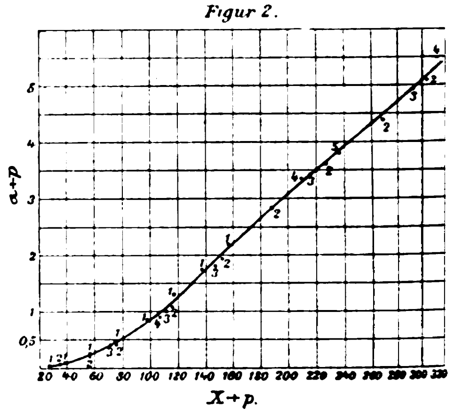
Wir erhalten so die Bezeichnung $\frac{\alpha}{p} = f\frac{X}{p}$, ohne irgend eine Hypothese über die Geschwindigkeiten vor und nach dem Zusammenstoss zu machen. Wir können jetzt sehen, ob die experimentell gefundenen Werte von α sich durch eine Gleichung dieser Form ausdrücken lassen.

Es wurde eine Anzahl der Werte bestimmt für Drucke von 4,13; 2,12; 1,10; 0,385 und 0,171 mm, und in Tabellen entsprechend Tabelle I zusammengestellt.

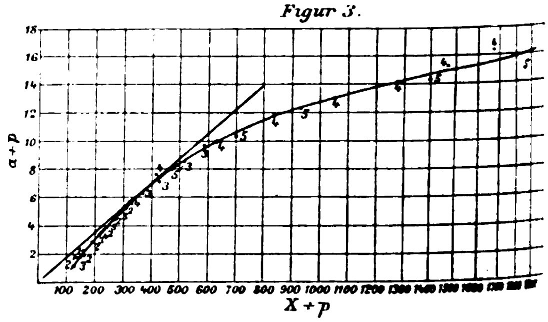
Zeichnen wir eine Kurve für jeden Druckwert, und nehmen als Koordinaten $\frac{\alpha}{p}$ und $\frac{X}{p}$, so müssen die fünf Kurven zusammenfallen, da für sie dieselbe Gleichung gilt.

Die Punkte auf den folgenden Diagrammen, Figuren 2 und 3, die mit 1, 2, 3, 4 und 5 be-

Figur 2.



Figur 3.



zeichnet sind, haben als Koordinaten die Werte von $\frac{\alpha}{p}$ und $\frac{X}{p}$, wie sie aus Versuchen bei den obenerwähnten 5 Drucken abgeleitet worden sind.

Da die Veränderlichen sich über ein grosses Gebiet ausdehnen, so wurden zu ihrer Darstellung zwei Diagramme benutzt. Figur 2 entspricht Werten von $\frac{X}{p}$ unter 320 und Figur 3 höheren Werten der Variablen. Die graphische Ein-

tragung der Punkte zeigt, dass alle auf derselben Kurve liegen, so dass die Versuche die Theorie durchaus bestätigen. Das Problem, α durch p und X zu bestimmen, ist daher wesentlich vereinfacht und die drei Variablen α, p und X reduziert auf die zwei Variablen $\frac{\alpha}{p}$ und $\frac{X}{p}$.

IV. Bei konstantem X besteht offenbar ein gewisser Druck, bei dem α ein Maximum ist; ist p gross, so werden keine neuen Ionen gebildet werden können, da die ursprünglichen Ionen keine grosse Geschwindigkeit erwerben, und ist andererseits p sehr niedrig, so werden zu wenig Zusammenstösse stattfinden können, so dass α keinen grossen Wert erreichen kann. Den Wert von p, für den α ein Maximum, erhalten wir durch Differentiation von

$$\alpha = p f\left(\frac{X}{p}\right),$$

was uns giebt

$$f\left(\frac{X}{p}\right) - \frac{X}{p} f'\left(\frac{X}{p}\right) = 0 \tag{6}$$

Aus dieser Gleichung geht hervor, dass, da X und p in der Form $\frac{X}{p}$ darin enthalten sind, für einen gegebenen Wert von X der Wert von p für den α ein Maximum ist, proportional zu X ist.

Der Gleichung (6) befriedigende Wert von $\frac{X}{p}$ kann unmittelbar der Kurve in Figur 3 entnommen werden.

Substituieren wir X_1 für $\frac{X}{p}$, α_1 für $f\left(\frac{X}{p}\right)$ und $\frac{d\alpha_1}{dx_1}$ für $f'\left(\frac{X}{p}\right)$ in Gleichung (6), so erhalten wir

$$\frac{\alpha_1}{x_1} = \frac{d\alpha_1}{dx_1}.$$

Diese Beziehung zwischen den Koordinaten eines Punktes auf einer Kurve $[\alpha_1 = f(X_1)]$ zeigt, dass die durch diesen Punkt gelegte Tangente zur Kurve durch den Koordinatenursprung geht.

Um nun den der Gleichung (6) genügenden Wert von $\frac{X}{p}$ zu finden, brauchen wir nur die Tangente vom Koordinatennullpunkt aus an die Kurve in Figur 3 zu legen, und die Abscisse des Berührungspunktes zu suchen. Der so erhaltene Wert von $\frac{X}{p}$ ist gleich 380. Also ist der Druck p (in mm), für den α ein Maximum ist, gleich $\frac{X}{380}$, wo X in Volts/centimeter ausgedrückt ist.

Eine Anzahl der von Stoletow erhaltenen Resultate (Journal de Physique, série 2, vol. IX) bei der Untersuchung der durch ultraviolettes Licht zwischen zwei parallelen Platten erzeugten Leitfähigkeit kann leicht durch diese Theorie erklärt werden. In diesem Falle ist die ursprünglich im Gase erzeugte Ionenmenge praktisch konstant, und bei Erhöhung der elektrischen Kraft erzeugen diese dann durch Kollisionen in der oben beschriebenen Weise neue Ionen. Die maximale Leitfähigkeit für eine gegebene elektrische Kraft würde bei dem Druck eintreten, für den α Maximum ist. Stoletow fand nun, dass bei konstanter E. M. K. ein Maximum der Leitfähigkeit bei einem gewissen kritischen Druck eintritt, der unabhängig vom Plattenabstand und genau proportional der Kraft ist. Aus Stoletows Versuchen berechnet sich dieser Druck zu $p = \frac{X}{372}$, so in bemerkenswerter Weise mein durch Versuche mit Röntgenstrahlen erhaltenes Resultat bestätigend.

Auch die anderen Resultate Stoletows lassen sich ungezwungen durch diese Theorie erklären, jedoch fehlt hier der Raum zu einer ausführlichen Diskussion und Beschreibung dieser Stoletowschen Versuche.

V. Die Gleichung der in Figur 2 und 3 gegebenen Kurven lassen sich in einer, Gleichung (4) ähnlichen Form schreiben und mit Hilfe der in Abschnitt III auseinandergesetzten Theorie lässt sich eine klare Interpretation der Koeffizienten geben.

Schreiben wir α_1 und X_1 für $\frac{\alpha}{p}$ und $\frac{X}{p}$, so werden die Kurven sehr genau durch die Gleichung dargestellt sein

$$\begin{aligned}\alpha_1 = {} & b_1\left(e^{-\frac{\beta}{X_1}} - e^{-\frac{5\beta}{X_1}}\right) + b_2\left(e^{-\frac{5\beta}{X_1}} - e^{-\frac{10\beta}{X_1}}\right) \\ & + b_3\left(e^{-\frac{10\beta}{X_1}} - e^{-\frac{15\beta}{X_1}}\right) + b_4\left(e^{-\frac{15\beta}{X_1}} - e^{-\frac{20\beta}{X_1}}\right) \\ & + b_5\left(e^{-\frac{20\beta}{X_1}} - e^{-\frac{25\beta}{X_1}}\right) + b_6\left(e^{-\frac{25\beta}{X_1}} - e^{-\frac{50\beta}{X_1}}\right) \\ & + b_7 \cdot e^{-\frac{50\beta}{X_1}},\end{aligned} \tag{7}$$

wo $b_1 = 0{,}03$, $b_2 = 0{,}75$, $b_3 = 2{,}7$, $b_4 = 9$, $b_5 = 13$, $b_6 = 16$, $b_7 = 20$ und $\beta = 21$.

β ist die Gesamtzahl der Zusammenstösse mit neutralen Molekülen, die erfolgen, wenn sich ein Ion über 1 cm Luft bei 1 mm *Hg* bewegt. Es ist zugleich der Maximalwert, den irgend einer der Koeffizienten erreichen kann.

Die Glieder von Gleichung (7) lassen sich nun so interpretieren:

Nehmen wir z. B. das dritte Glied:

Die Anzahl von Malen, die ein Ion mit einer Geschwindigkeit zwischen I_{10} und I_{15} kollidiert, während es sich bei 1 mm Druck

1 cm weit bewegt unter der *E. M. K* von X_1 Volts/cm

$$=\beta\left(e^{-\frac{10\beta}{X_1}}-e^{-\frac{15\beta}{X_1}}\right);$$

dabei werden neue Ionen erzeugt in der Anzahl

$$2{,}7\left(e^{-\frac{10\beta}{X_1}}-e^{-\frac{15\beta}{X_1}}\right).$$

Wie zu erwarten, nehmen die Werte der Koeffizienten mit den Stossgeschwindigkeiten zu.

Für sehr grosses X_1 sollte sich nun α_1 dem Werte 21 nähern. Thatsächlich wurde dieses Resultat erhalten. Bei 0,171 mm *Hg* und einem Plattenabstand von 5 mm ergab sich ein Maximalstrom; bei einer Erhöhung der Kraft von 560 auf 720 Volts/cm ergab sich nur eine sehr geringe Zunahme der Leitfähigkeit. Der der letzteren Kraft entsprechende Wert von α war 3,25, so dass $\alpha_1 = \frac{\alpha}{p} = 19$.

Aus den erhaltenen Resultaten kann auch die Energiemenge geschätzt werden, die nötig ist, um ein Molekül zu ionisieren. Wir schliessen aus den Werten der Koeffizienten β, dass neue Ionen schon erzeugt werden, wenn die Stossgeschwindigkeit so niedrig ist wie I_5. Die kinetische Energie eines sich mit dieser Geschwindigkeit bewegenden Ions ist $\frac{e \cdot 5}{300}$, wo wo e die Ladung in elektrostatischen Einheiten ist. Setzen wir $e = 6 \cdot 10^{-10}$, so erhalten wir für die Energie $= 10^{-11}$ *Ergs*.

Wir haben oben gezeigt, dass ein Ion, das sich mit hoher Geschwindigkeit durch Luft von 1 mm Druck 1 cm weit bewegt, 21 Kollisionen erfährt, und dass, wenn die Geschwindigkeit eine genügend hohe ist, bei jeder Kollision zwei neue Ionen erzeugt werden. Die mittlere freie Weglänge eines Ions kann hiernach bei 1 mm Druck gleich $\frac{1}{21}$ cm gesetzt werden.

Die mittlere freie Weglänge eines Luftmoleküles bei 760 mm und 0° C. ist $0{,}96 \cdot 10^{-5}$ cm (s. O. E. Meyer, Kin. Gastheorie), welchen Wert wir bei 20° C. als gleich $1{,}03 \cdot 10^{-5}$ annehmen dürfen. Hierbei ist angenommen, dass alle Moleküle mit der gleichen mittleren Geschwindigkeit wandern.

Betrachten wir irgend ein spezielles Molekül, von dem wir annehmen, dass es sich sehr rasch bewege im Vergleich zu den es umgebenden Molekülen. Seine Weglänge würde sich verlängern im Verhältnis 1,4 : 1. Ein sich mit grosser Geschwindigkeit bei 1 mm Druck bewegendes Luftmolekül würde 90,7 Zusammenstösse pro Centimeter erfahren; ein negatives Ion unter ähnlichen Umständen 21 Zusammenstösse. Daher ist das Verhältnis der freien Weglängen = 4,3 : 1. Ist das Ion sehr klein im Vergleich zum Molekül, so wäre eine Verhältniszahl von 4 : 1 zu erwarten.

Ich habe letzthin mit Herrn Kirkby eine Anzahl Versuche mit Wasserstoff und Kohlensäure gemacht, und wir fanden, dass in diesen Gasen die mittlere freie Weglänge der Ionen ungefähr das Vierfache derjenigen der Moleküle ist.

(Eingegangen 9. April 1901.)

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. Fischer.)

Geschwindigkeit von Ionen, die von Flammen, vom elektrischen Flammenbogen und von heissen Drähten ausgehen.

Von D. Child.

In Jahrgang 1 der Physikalischen Zeitschrift, Seite 593, erschien vom Verfasser dieser Zeilen ein kurzer Bericht über eine Untersuchung der Geschwindigkeit von Ionen, welche von Flammen und vom elektrischen Bogen ausgestossen werden. Diese Arbeit ist seitdem fortgeführt worden und die Resultate wurden in The Physical Review veröffentlicht[1]). Die Arbeit wurde vornehmlich als eine Studie über den Lichtbogen unternommen, und die Untersuchung der Entladung von Flammen sollte zur Beurteilung der Methode dienen. Indessen erscheinen auch die Ergebnisse dieser Untersuchung für wertvoll genug, um ihre Veröffentlichung zu gestatten.

Die Methode ist schon in Bd. I S. 594 der Physikalischen Zeitschrift genau mitgeteilt worden. Man liess zwischen einer Flamme und einer benachbarten Metallplatte eine Entladung übergehen und notierte dabei die Entfernung zwischen beiden, sowie die Potentialdifferenz und den Strom, der zwischen Flamme und Metallplatte überging. Diese Angaben genügen um die Geschwindigkeit der Ionen zu berechnen.

Es stellte sich heraus, dass der Betrag der Entladung auf die Platte angenähert dem Quadrate der Potentialdifferenz und umgekehrt dem Kubus der Entfernung zwischen Flamme und Platte proportional variierte. Die Geschwindigkeit der positiven Ionen variierte von 2,85 cm bis zu 1,45 cm pro Sekunde für einen Potentialfall von 1 Volt pro Centimeter; diejenige der negativen Ionen von 4,66 cm bis zu 2,03 cm. Im allgemeinen war die Schnelligkeit der negativen Ionen über 25 Proz. grösser als die der positiven Ionen.

1) The Physic. Rev. **12**, 65 u. 137.

Bei der Untersuchung der Entladung eines elektrischen Bogens wurde kein Versuch gemacht, um genaue Messungen zu sichern. Die Arbeit war lediglich bestimmt, den Nachweis zu führen, dass positive von dem Bogen abgestossene Ionen sich schneller als negative fortbewegen. Dieses Resultat erhielten wir, indem wir die Grösse der Entladung auf einen über den Bogen aufgestellten Cylinder massen. Es kamen Cylinder von verschiedenen Grössen zur Verwendung und in jedem Fall wurde festgestellt, dass die von den positiven Ionen fortgeführte Entladung grösser war als die, welche von den negativen Ionen fortgeführt wurde. Es wurde nachgewiesen, dass diese Thatsache nicht dem ultravioletten Lichte zuzuschreiben war und der Schluss somit lauten musste, dass sich die positiven Ionen hier am schnellsten fortbewegten.

Es wurde berechnet, dass die positiven Ionen annähernd die Geschwindigkeit von 4 cm pro Sekunde und die negativen eine von 2 cm besassen.

Lecher[1]) fand, dass bei zwischen Metallen erzeugten Bogen der Potentialfall an der Anode nicht grösser als der an der Kathode war. Experimente, welche der Verfasser ausführte, erwiesen, dass derselbe bei Bogen zwischen Eisen, Kupfer und Zink in der That nur an der Kathode unbedeutend grösser war. Hat die Dissoziationstheorie des Bogens recht, so müssen bei diesen Metallen die negativen Ionen sich am schnellsten fortbewegen. Die Schnelligkeit der von diesen Metallen fortgetriebenen Ionen wurde demgemäss geprüft und es wurde festgestellt, dass die negativen Ionen eine nur unbedeutend grössere Geschwindigkeit als die positiven Ionen haben.

Diese Ergebnisse vervollkommnen die Schlüsse der schon veröffentlichten Artikel. Weitere Arbeit über denselben Gegenstand ergab andere interessante Gesichtspunkte.

Die von Zeleny[2]) angewandte Methode, welche die Geschwindigkeit von durch X-Strahlen erzeugten Ionen zu bestimmen gestattete, wurde auf den Bogen angewandt. Die Geschwindigkeit der positiven Ionen, die von einem zwischen Kohlen befindlichen Bogen ausgingen, wurde mittels dieser Methode auf 6 cm, die der negativen auf 3 cm festgestellt. Diese Methode ist von der ehedem angewandten gänzlich verschieden, und die Resultate der beiden Methoden scheinen folgerecht darzulegen, dass die positiven Ionen, welche von dem Bogen abgestossen wurden, die grössere Geschwindigkeit hatten.

Diese ganze Arbeit scheint daher die Hypothese, welche zur Erklärung der Phänomene des elektrischen Bogens vorgeschlagen wurde, zu bestätigen.

1) Wied. Annalen, **33**, 609.
2) Phil. Trans. of the Roy. Soc. London 185, 193.

Es öffnet sich demzufolge ein noch interessanteres Feld der Forschung, insbesondere tritt die Frage auf, welcher Art die Bedingungen sind, welche die positiven Ionen mit grösserer Geschwindigkeit versehen, und welchen Zusammenhang diese Thatsache mit anderen Gesetzmässigkeiten in der Elektrizätslehre haben mag. Frühere Experimente hatten die Physiker zu der Annahme geführt, dass negative Ionen immer die kleinere Masse hätten und sich mit der grösseren Geschwindigkeit vorwärts bewegten. Diese Auffassung wurde in einigen der neueren Diskussionen über die Theorie der Elektrizität als wahr angenommen. Ist diese Voraussetzung unzutreffend, so wird es wertvoll sein, festzustellen, wann das der Fall ist und welche Modifikationen der jetzigen Theorie nötig sein werden.

Weiterhin wurde die Entladung von heissen Platin- und Eisendrähten untersucht. Nun ist schon lange bekannt, dass positive Elektrizität von heissen Metallen leichter als negative entweicht und eine Feststellung der Geschwindigkeit der Ionen von heissen Metallen zeigte, dass auch hier die positiven Ionen sich am schnellsten fortbewegten. Beide zur vorhergehenden Untersuchung angewandte Methoden führten zu demselben Resultat.

Aber in allen diesen Fällen wird die Bewegung durch die Thatsache kompliziert, dass sowohl Gase, als auch feste Körper zugegen sind. So ist es z. B. zweifellos, dass bei einer Entladung von heissem Platindraht Platinatome abgeschleudert werden, da es eine ganz bekannte Thatsache ist, dass ein bis zur Weissglut erhitzter Platindraht an Gewicht abnimmt[1]). Es kann sein, dass währenddem eine Ausgleichung zwischen den positiven Ionen der Platinatome und den negativen der den Draht umgebenden erhitzten Gase zu stande kommt. Vermutlich ist es so, weil infolge einer Kontaktpotentialdifferenz die negativen Ionen des Metalls niemals vom Metall entweichen. Eine Ausgleichung von positiven Ionen einer Substanz mit negativen Ionen von einer anderen würde von keinem grossen Wert sein. Wir wollen doch vor allem wissen, woher es kommt, dass sich positive Ionen schneller als die negativen Ionen, von denen sie sich trennten, bewegen.

Der Fall des Bogens ist noch viel komplizierter, denn viele verschiedene feste Körper und gasige Substanzen treten in den Bogen hinein. Die Untersuchung von Arons[2]) über

1) Wied. Ann. **37**, 319.
2) Ann. der Physik **1**, 700, 1900.

den Bogen zwischen Metallen in H und N bei verschiedenem Drucke zeigt, dass das Gas einen ganz entschiedenen Einfluss auf den Bogen hat.

Glücklicherweise ist ein Fall untersucht worden, welcher nicht so kompliziert ist, nämlich der Bogen in Quecksilberdampf zwischen Quecksilber-Elektroden. In diesem Falle kommt nur ein Element in Betracht und hier fand Arons[1]) dass der grössere Potentialfall an der Anode war. Mittels der Erkenntnis, welche uns diese jetzt beschriebene Arbeit giebt, können wir jene Thatsache so interpretieren, dass wir darunter verstehen, in einem solchen Bogen bewegten sich die positiven Ionen am schnellsten.

Warburg[2]) fand, dass in dem Falle von „Glimmentladung" in Quecksilberdampf der Potentialfall an der Kathode annähernd derselbe war wie in N. Arons legte bei der Diskussion hierüber besonderen Nachdruck auf die Thatsache, dass, wenn eine Entladung durch ein Gas vor sich geht, der grössere Potentialfall an der Kathode stattfindet, wenn sie aber durch einen Metalldampf vor sich geht, derselbe an der Anode statt hat. Diesen Thatbestand können wir etwa folgendermassen aussprechen: wenn Gase ionisiert werden, bewegen sich die negativen Ionen am schnellsten, werden aber Metalldämpfe ionisiert, so bewegen sich die positiven Ionen am schnellsten. Alle die fernerhin beobachteten Thatsachen können durch diese Hypothese erklärt werden.

Sollte sich diese Annahme als richtig erweisen, so wird sie uns ohne Zweifel dazu veranlassen, einige Ansichten, welche unsere Auffassung von der Stellung der Metalle zur Elektrizität betreffen, zu modifizieren.

1) Wied. Ann. **58**, 78.
2) Wied. Ann. **40**, 10.

(Eingegangen 29. April 1901.)

(Aus dem Englischen übersetzt von Frida Hansmann.)

Über die sogenannte akustische Abstossung der Resonatoren.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von V. Dvořák.

Bekanntlich wird ein Resonator in einem akustischen Felde in der Richtung seiner Achse fortgetrieben, welche Wirkung wir als „akustische Abstossung" bezeichnen wollen.[1])

1) Dieser Ausdruck ist zwar nicht zutreffend, jedoch habe ich ihn mit Hinblick auf meine früheren Arbeiten beibehalten. Lebedew (Wied. Ann. 62, 158) hat noch andere Wirkungen auf cylindrische Resonatoren untersucht, die jedoch bei den hier beschriebenen Versuchen nicht in Betracht kommen.

Nachdem ich im Jahre 1875 einen Überdruck in einem tönenden Resonator nachgewiesen hatte, glaubte ich annehmen zu dürfen, dass dieser Überdruck die Abstossung des Resonators bedinge, und suchte diesen Überdruck theoretisch herzuleiten. Dann gab Rayleigh, weiter Koláček eine Theorie dieser Abstossung; Mach benutzte das Flächenprinzip zur Erklärung, welche Betrachtungsweise sich bis jetzt am besten bewährt hat; jedoch scheint sie nicht überall auszureichen, wie man später sehen wird.

Neuere zahlreiche Versuche haben ergeben, dass bei dieser Erscheinung hauptsächlich die Wirbelbildung mit wirkt, so dass eine Ergänzung zu den von Bjerkness, Korn, Lebedew u. a. untersuchten hydrodynamischen Fernwirkungen vorliegen dürfte, bei welchen eine wirbellose Bewegung des Mediums vorausgesetzt wird. Es zeigt sich auch hier ein grosser Reichtum eigentümlicher Erscheinungen, von welchen ich vorläufig nur einige hervorheben möchte.

Es sei, Fig. 1, R ein Resonator, dessen Öffnung sich in einem „Ansatzstücke" A befindet; die Form und Grösse dieses Ansatzstückes ist entscheidend für das Verhalten des Resonators; ein kurzes konisches Ansatzstück A

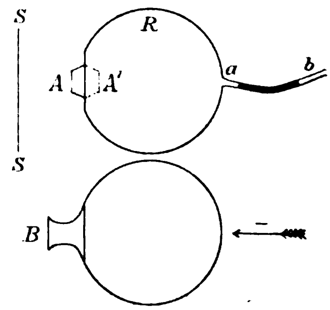


Fig. 1.

giebt ein ganz anderes Resultat als ein einem Flaschenhals ähnliches B (Fig. 1 unten).[1]) Will man den im Resonator herrschenden mittleren Druck messen, so setzt man ein kleines Manometer ab mit Alkoholfüllung an; bei a befindet sich in dem Röhrchen ein Baumwollpfropf, damit die Luft im Manometer nicht mitschwinge.

Zuerst wurde der Einfluss des Ansatzstückes auf den mittleren Druck im Resonator untersucht. Wächst die Tonstärke allmählich, so zeigt beim Ansatzstück A das Manometer anfangs einen sehr kleinen Überdruck an, dann aber einen viel grösseren Unterdruck (Verdünnung); zugleich dringt ein starker Luftstrom aus dem Resonator.[2]) Da der Resonator dabei

1) Ich habe noch eine Reihe anderer Formen untersucht.
2) Überhaupt ändert sich mit der Tonstärke oft plötzlich der ganze Charakter der Luftbewegung, wie man sieht, wenn man den Resonator mit Rauch füllt.

eine starke akustische Abstossung zeigt, so kann meine anfängliche Erklärung dieser Erscheinung durch einen Überdruck nicht richtig sein, denn das Manometer zeigt eine Verdünnung an.

Stellt man nun den Konus mit dem engeren Ende nach innen (Stellung *A'*, Fig. 1), so verhält sich das Manometer gerade umgekehrt; es zeigt nämlich bei wachsender Tonstärke anfangs eine kleine Verdünnung, dann eine Verdichtung an. Trotzdem nun ein ziemlicher Überdruck im Resonator herrscht, ist doch die akustische Abstossung verhältnismässig schwach gegen früher (Stellung *A*), was wieder damit zusammenhängt, dass auch der aus dem Resonator dringende Luftstrom viel schwächer ist; es muss daher auch die Reaktionswirkung, welche nach dem Flächenprinzip die akustische Abstossung (ähnlich wie beim Segnerschen Rade) herbeiführt, schwächer sein.

Um nun die akustische Abstossung genauer zu untersuchen, habe ich eine besondere Drehwage konstruiert. Der Resonator *R* (Fig. 2)

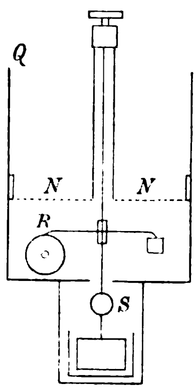


Fig. 2.

ist auf einem leichten Querarm befestigt, der an einem dünnen Platindraht in einem Glascylinder hängt; *NN* ist ein dünnes Drahtnetz, das merkwürdigerweise die störenden zufälligen Luftströmungen fast vollständig aufhebt, jedoch den Schall gut durchlässt. Die Schallquelle (elektrische Stimmgabel) ist oben bei *Q*; der Resonator befindet sich knapp am Boden des Cylinders, also annähernd im Knoten der Schwingung.

Durch eine kleine Öffnung im Boden des Cylinders geht ein Draht mit Häkchen, auf welches der zur Ablesung dienende Konkavspiegel und vier dämpfende (in verdünntes Glycerin tauchende) Glimmerflügel aufgehängt sind.

Die Untersuchung mit dieser Drehwage hat nun gezeigt, dass das Verhalten der Resonatoren je nach der Form des Ansatzstückes mitunter sehr verwickelt ist, ja dass auch negative Abstossungen (in der Richtung des Pfeiles in Fig. 1, unten) vorkommen. Ich werde nur das Verhalten bei den Ansatzstücken *A* und *B* (Fig. 1) beschreiben.

Wohl am einfachsten verläuft die Sache beim Ansatzstücke *A* (sehr kurzer, abgestumpfter Kegel mit scharfen Rändern). Wächst die Tonstärke allmählich, so zeigt der Resonator im Anfang gar keine Abstossung, sondern steht ganz ruhig (dieses Verhalten zeigen alle bis jetzt untersuchten Resonatoren); überschreitet die Tonstärke einen gewissen (hier ziemlich kleinen) Wert, so tritt Abstossung ein, welche mit der Tonstärke wächst.

Ganz anders verläuft die Erscheinung beim Ansatzstücke *B*; auch hier zeigt sich im Anfange keine Wirkung, dann aber tritt eine wachsende negative Abstossung ein,[1]) die dann wieder abnimmt, so dass der Resonator in die Nulllage zurückkehrt; erst bei verhältnismässig grosser Tonstärke tritt positive Abstossung ein. Ich habe auf Grund dieser Erscheinung ein akustisches Reaktionsrad konstruiert (aus zwei Resonatoren mit Ansatzstück *B*), das sich im Anfange im negativen Sinne dreht, und erst bei grosser Tonstärke die normale Rotationsrichtung annimmt.[2])

Paralysiert man beim Ansatzstücke *A* (kurzer Konus) die Reaktionswirkung des austretenden Luftstromes durch ein fest mit dem Resonator verbundenes Scheibchen *SS* (Fig. 1), welches den ganzen Luftstrom auffängt, so zeigt sich ebenfalls die negative Abstossung (die positive tritt dann überhaupt nicht auf).[3])

Zusammenhang mit der Wirbelbildung.

Füllt man den Resonator *R* mit Ansatzstück *A* (Fig. 1) mit Rauch, und beobachtet denselben stroboskopisch, so sieht man, sobald die Tonstärke eine gewisse Grenze überschreitet, fortwährend aus der Öffnung Wirbelringe austreten; diese bilden den austretenden Luftstrom; aber auch in das Innere des Resonators fliegen von aussen Wirbelringe hinein, welche den eintretenden Luftstrom bilden. Der Grund davon liegt auf der Hand: tritt die Luft aus dem Resonator aus und ist die Luftbewegung stark genug, so bildet sich an der Öffnung ein Wirbelring; etwas Ähnliches muss beim Eintreten der Luft geschehen.

Ich habe deshalb den Einfluss der Form

1) Hier scheint das Flächenprinzip zu versagen; im Resonator befindlicher Rauch zeigt einen schwachen austretenden Luftstrom an, der jedoch noch näher untersucht werden muss.

2) Es giebt Resonatoren, die mit wachsender Tonstärke mehrmals zwischen positiver und negativer Abstossung wechseln; dabei sind die geringfügigsten Änderungen in der Form des Ansatzstückes von grossem Einfluss. Ich habe langwierige Versuche benötigt, um ein Ansatzstück herzustellen, welches möglichst grosse negative Abstossung zeigt.

3) Vielleicht dürfte hier doch der am Manometer beobachtete Unterdruck zur Wirkung gelangen.

und Grösse des Ansatzstückes auf die Wirbelbildung näher untersucht.

Ein horizontaler Glascylinder *C* (Fig. 3) ist rechts mit einer Kautschukmembran *M* straff

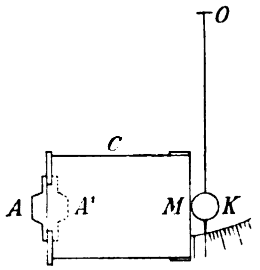


Fig. 3.

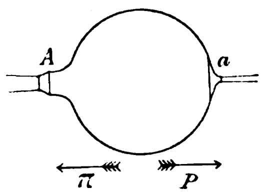


Fig. 4.

überspannt; links befindet sich eine Metallplatte mit grosser Öffnung, auf welche metallene Ansatzstücke verschiedener Form mit Wachs befestigt werden; eine Holzkugel *K* auf zwei steifen Drähten bildet ein Pendel mit dem Drehpunkte in *O*; ein Zeiger mit Skala dient zur Bestimmung der Abweichung des Pendels von der Vertikalen („Elongation"). Man füllt den Cylinder mit Rauch, zieht das Pendel um eine bestimmte Anzahl Teile nach seitwärts, lässt los, und beobachtet die Wirbelbildung.

Vergrössert man die Elongation stufenweise von Null angefangen, so tritt (wie schon von andersher bekannt ist) bei kleiner Elongation zuerst kein Rauch aus der Öffnung, später zeigt sich ein pilzartiges Gebilde mit sehr kleiner fortschreitender Bewegung, dann entwickelt sich ein Wirbelring.

Wenn man dieses Ergebnis auf den Resonator überträgt, so sieht man, dass bei wachsender Tonstärke nach dem Reaktionsprinzip im Anfange keine Abstossung eintreten kann, weil keine Luft aus dem Resonator austritt; dieses kann erst geschehen, wenn die Wirbelbildung eintritt. In der That zeigen auch die Resonatoren im Anfange keine akustische Abstossung.

Dreht man (Fig. 3) das kurze konische Ansatzstück *A* aus der Stellung *A* in die Stellung *A'*, so braucht man, um aussen [1]) einen gut entwickelten Wirbelring zu erhalten, eine grössere Elongation für *A'*; auch sind die Wirbelringe für *A'* kleiner.

Danach kann man das anfangs erwähnte Verhalten des Resonators für die Stellungen *A* und *A'* (Fig. 1) des Ansatzstückes bei hinreichender Tonstärke begreifen. Die Stellung *A* begünstigt den austretenden, die Stellung *A'* den eintretenden aus Wirbelringen bestehenden Luftstrom; für *A* muss die akustische Abstossung daher grösser sein, auch muss das Manometer eine Verdünnung zeigen, während es für *A'* eine Verdichtung zeigt.

Was nun das Ansatzstück *B* (Fig. 1) betrifft, so zeichnet es sich dadurch aus, dass es die Bildung der Wirbelringe sehr erschwert; es bedarf schon eines starken Schlages der Holzkugel, damit sich ein guter Wirbelring bildet; ist der Schlag nicht stark genug, so tritt der Rauch momentan aus der Öffnung heraus, zieht sich aber sofort wieder zurück. Es entstehen jedoch höchstwahrscheinlich Wirbelbewegungen an den umgebogenen Rändern der Öffnung, wie der Einfluss des Öffnungsrandes auf das Verhalten des Resonators beweist; man braucht nur um den Rand der Öffnung von *B* aussen einen dünnen Wachsring herumzulegen, um das Verhalten des Resonators in der Drehwage zu ändern; auch tritt ein Luftstrom aus dem Resonator, obwohl sich keine eigentlichen Wirbelringe bilden; dieses alles bedarf noch näherer Untersuchung.

Zum Schlusse noch einen Versuch. Vertauscht man das Ansatzstück *A* in Fig. 3 mit einem kleineren, so treten die Wirbelringe schon bei kleineren Elongationen auf (indem sich die Wirkung auf eine kleinere Fläche konzentriert). Nimmt man nun einen Resonator mit zwei solchen Ansatzstücken, einem grösseren *A* (Fig. 4) und einem kleinen *α*, so tritt, wenn die Tonstärke allmählich wächst, zuerst aus *α* ein Wirbelstrom aus; durch seine Reaktionswirkung wird sich der Resonator im Sinne des Pfeiles *π* bewegen. Ist der Ton stark genug, so tritt auch aus *A* ein Wirbelstrom aus, dessen Wirkung (wegen des grösseren Querschnittes) überwiegt, so dass sich der Resonator nach *P* bewegt. Ich habe so ein akustisches Reaktionsrad zusammengestellt, das mit wachsender Tonstärke die Rotationsrichtung ändert; der Versuch bereitet keine Schwierigkeiten.

Agram, 23. April 1901. V. Dvořák.

(Eingegangen 26. April 1901.)

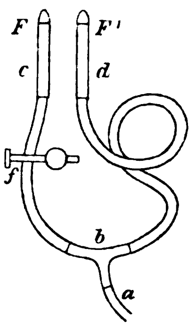
1) Sowie die Kugel von der Membran zurückspringt und die Membran zurückgeht, tritt (bei hinreichender Elongation) ein Wirbelring in das Innere des Glascylinders.

Bemerkung zu den Schulversuchen über die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe.

Von V. Dvořák.

Nachdem man sich in neuerer Zeit mehrfach mit diesem Gegenstande beschäftigt hat, erlaube ich mir, auf die Methode von Neyreneuf (Beiblätter zu Wied. Ann. 1883, S. 203) aufmerk-

sam zu machen, die in Bezug auf Einfachheit und Empfindlichkeit wohl bis jetzt nicht übertroffen wurde (das sogenannte „Gasniveau").



In nebenstehender Figur ist *a* ein Kautschukschlauch, der zu einer Gasleitung führt; *b* ist ein *T*-Rohr, von welchem zwei Kautschukschläuche zu zwei Metallröhren *d* und *f* führen (innerer Durchmesser etwa 12 mm; Glasröhren sind auch gut, springen aber leicht oben durch die Hitze); *f* ist Quetschhahn mit Schraube. Man stellt *d* und *f* nebeneinander auf gleiche Höhe, dreht das Gas ab, bis die Flammen *F* und *F'* ziemlich klein sind, dann macht man mit dem Quetschhahn *f* beide Flammen gleichgross. Man kann nun die Flamme *F'* in der Horizontalebene bewegen, auch den Schlauch hin- und herbewegen, ohne dass sich die Flammen ändern; hebt man aber die Flamme *F'* nur ein wenig, so wird sie sofort grösser, während *F* kleiner wird. Die Empfindlichkeit ist um so grösser, je kleiner die Flammen sind.

(Eingegangen 26. April 1901.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Über Auftreten und Wirkungen negativer Flüssigkeitsdrucke in Pflanzenzellen.

Von C. Steinbrinck.

Dass durch negative Drucke im Inneren von Flüssigkeiten Bewegungen fester Körper hervorgerufen werden können, ist längst bekannt. Die physikalischen Lehrbücher erwähnen ja unter den Kapillaritätsvorgängen die Anziehungs- oder Abstossungserscheinungen, welche man an parallelen Platten und Fäden wahrnehmen kann, die in Flüssigkeit tauchen oder auch an Kugeln, Nadeln und dergleichen, die auf Wasser, Quecksilber u. s. w. schwimmen. Bei der Darstellung dieser Bewegungen tritt jedoch bisweilen nicht klar genug hervor, dass sie vom Luftdrucke durchaus unabhängig sind. So ist z. B. in der deutschen Ausgabe von C. V. Boys' Vorlesungen über Kapillarität[1]) die Auseinandersetzung hierüber zum mindesten missverständlich.[2]) Es kann daher nicht Wunder nehmen, dass Bewegungserscheinungen und Formänderungen am Pflanzenkörper, die mit negativen Spannungen im Inneren von Flüssigkeiten zusammenhängen, von den Botanikern bis vor kurzem nicht richtig gedeutet, sondern auf die Wirkung des Luftdruckes oder andere Ursachen zurückgeführt worden sind. Solche Vorgänge spielen sich aber bei Wasserverlust an Pflanzenteilen alltäglich ab. Jede verwelkte Blüte, jedes verdorrende Blatt, jeder „schrumpfelnde" Apfel bringt uns ihre Resultate vor Augen. Auf ihnen beruht die Befreiung des Blütenstaubes aus den Antheren der höheren Pflanzen, die Ausstreuung der Sporenmassen aus den Sporangien mancher Kryptogamen, sowie u. a. auch die Ausbreitung der haarförmigen Flugapparate am oberen Ende vieler Kompositenfrüchtchen.

1) Seifenblasen, übersetzt von G. Meyer. 1893, S. 11, nebst Anm.

2) Dass sich diese Bewegungen in der „Luftleere" in unvermindertem Masse vollziehen, ist experimentell leicht nachzuweisen, aber auch theoretisch sofort einzusehen. Denn wenn beispielsweise zwei Glasplatten nebeneinander in Wasser getaucht werden, so wirkt an jedem Querschnitt der kapillar zwischen ihnen gehobenen Flüssigkeitsschicht als Resultante aller in Betracht kommenden Kräfte das Gewicht der daran hängenden Flüssigkeitssäule. Es ist der Zug dieses Gewichtes an den benetzten Teilen der Platten und nicht ein Überschuss des äusseren Luftdruckes, der diese Teile einander nähert.

Das Verdienst, auf botanischem Gebiete zuerst auf die Wichtigkeit dieser physikalischen Verhältnisse hingewiesen zu haben, gebührt Askenasy[1]), Dixon und Joly[2]). Die Bestrebungen dieser Forscher zielten zwar zunächst darauf ab, durch den „tensile stress" der Wasserfäden oder eines zusammenhängenden Wassernetzes in den Leitungsbahnen der Pflanzen das Aufsteigen des Nahrungssaftes derselben zu erklären, und dieses Problem kann allerdings noch nicht für spruchreif gelten, vornehmlich da die Existenz eines zusammenhängenden Wassernetzes in jenen Leitungsbahnen energisch bestritten wird. Die Erörterungen der genannten Forscher sind jedoch auch unserem leichteren Problem, bei dem es sich um negative Drucke im Innern einfacher Zellformen, und zwar sowohl toter als lebender, handelt, sehr zu statten gekommen. Namentlich haben Askenasys klare und überzeugende Versuche wesentlich zur Aufhellung dieser Fragen beigetragen. — Die allgemeinere Bedeutung des „Kohäsionszuges" für wasserabgebende Planzenzellen ist zuerst von Z. Kamerling[3]) scharf und be-

1) Verhandl. d. Nat.-Med. Ver. Heidelberg. N. F. V. 1895 und 1896.

2) Phil. Trans. Roy. Soc. London. 1895, S. 563—576.

3) Bot. Centralbl. 1897, **72**, 49 und 85; 1898, **73**, 472; Flora, allg. bot. Zeit 1898, **85**, 157, Heft 3.

stimmt betont worden. Hinsichtlich einiger spezieller Fälle haben sich an der Untersuchung in dieser Richtung ausserdem J. Schrodt[1]) und nebenbei E. Jahn[2]) beteiligt. In physikalischer Hinsicht hat besonders Referent während der beiden letzten Jahre in einer Reihe kleinerer Mitteilungen diese Frage zu klären versucht[3]). Im folgenden sollen nun die hauptsächlichsten Ergebnisse dieser Forschungen unter Anlehnung an Askenasys Versuche dargelegt werden.

Bekanntlich liess Askenasy aus einem aufrechtgestellten gläsernen Trichterrohr, dessen unteres Ende in Quecksilber tauchte, Wasser durch einen Gipspfropf des Glockentrichters hindurch verdunsten und beobachtete nun, wie das eingeschlossene Wasser, oben am Gips, unten am Quecksilber haftend, letzteres allmählich mit sich emporzog, so dass die gehobene Quecksilbersäule zuletzt sogar oft die Höhe des Barometerstandes beträchtlich überschritt. Mit dieser Versuchsanordnung lassen sich nun die Verhältnisse wasser- oder saftgefüllter Pflanzenzellen, gleichgültig ob diese tot oder lebend sind, leicht in Parallele stellen. Verliert eine solche Zelle etwas Wasser, so übt das zurückgebliebene Flüssigkeitsquantum auf die umgebende Zellwandung entweder unmittelbar oder vermittelst des ihr anhaftenden Protoplasmaschlauches, ebenso einen Zug aus, wie das Wasser in Askenasys Versuch auf das Quecksilber. Ist die Zellenmembran nachgiebig genug, so muss sie, ebenso wie dort das Quecksilber, der zurückweichenden Flüssigkeit folgen und somit verbogen und eventuell stark zerknittert werden. Das Mass dieser Faltung ist natürlich ausser von der Höhe des Wasserverlustes u. a. auch durch die Festigkeit der Wandung bedingt; dickwandige Elemente unterliegen ihr überhaupt nicht; bei manchen zarteren Markgeweben wird die Kontraktion nachweislich durch den Widerstand des sie umschliessenden festen Holzmantels verhindert; in anderen Fällen ist das Ausbleiben der Kontraktion noch nicht ganz aufgeklärt.

Selbstverständlich werden aber an Zellmembranen, die aus dickeren und dünneren Partien bestehen, hauptsächlich die letzteren eingefaltet. Es ist nun sehr interessant, im einzelnen zu verfolgen, wie z. B. in Staubbeuteln und Sporenbehältern die Verdickungsbänder und -platten gleichsam planmässig so angeordnet sind, dass die Bewegungen und Formänderungen, die durch die Faltung zu stande kommen, biologisch möglichst vorteilhaft ausfallen. So ist z. B. die Wandung gewisser „Schleuderfäden“ in den Sporenkapseln von Lebermoosen mit schraubigen Verdickungsbändern ausgestattet. Diese werden beim Wasserverlust der Fäden durch die Einfaltung der dazwischenliegenden dünneren Partien verdreht, also gleichsam wie stählerne Spiralfedern mehr und mehr gespannt, bis der Dehnungszustand des Wasserrestes einer Steigerung nicht mehr fähig ist. In diesem Moment wird die Kohäsion des Wassers (oder seine Adhäsion an der Wand) plötzlich überwunden, und die Verdickungsbänder schnellen mit einem Rucke elastisch zurück, wodurch die Verbreitung der Sporen selbstverständlich befördert wird. Auch bei den Sporangien der Farne begegnen wir diesem ruckweisen Zurückspringen gespannter Wände als einem Hilfsmittel zum Ausschleudern der Sporen. Anscheinend sind in den beiden ebenerwähnten Fällen die Biegungswiderstände der verdickten Membranpartien so abgewogen, dass sie den Zusammenhang des Systems: Wasser—Zellhaut kurz vorher zu unterbrechen vermögen, ehe ihm zu viel Wasser entzogen ist. In den meisten Fällen beharren aber die Zellen nach dem völligen Wasserverluste in dem zerknitterten Zustande, ohne vorher zurückzuschnellen. Man wird annehmen müssen, dass ihre Wände einer gewissen Trockenstarre verfallen sind, die etwa dadurch zu stande gekommen ist, dass sie ihr Imbibitionswasser während ihrer Deformation eingebüsst haben, und ihre kleinen Teilchen oder vielleicht auch grössere gefaltete Partieen somit, als die letzten Wasserteilchen zwischen ihnen schwanden, durch Adhäsion in gänzlich verschobener Lage aneinander gekittet worden sind. Jedenfalls entfalten sich die „geschrumpfelten“ Zellen bei Wasserzufuhr oft sehr rasch wieder. Referent nimmt an, dass die Membranteilchen bei der Wiederaufsaugung des Imbibitionswassers ihre gegenseitige Beweglichkeit zurück erlangen, und dass damit ihre elastischen Kräfte wieder frei werden. Er bezeichnet daher das Anschwellen der betreffenden Gewebe auf das frühere Volum und die frühere Wasserfülle als elastische Entfaltung oder Schwellung desselben. Diese bildet mit der vorhergegangenen Erscheinung des Schrumpfelns[1]) einen reversiblen Kreisprozess, der in vielen Fällen bei genügender Elastizität der Wandung beliebig oft wiederholt werden kann.

Hinsichtlich der Entfaltung haben wir nun zwei Fälle zu unterscheiden, den einen, wo der Rückweg des Kreisprozesses wie oben vorausgesetzt, erst nach gänzlicher Austrocknung der Gewebe beginnt, den anderen, wo er infolge früherer Wasserzufuhr schon einsetzt, wenn die

1) Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1897, S. 100; 1898, S. 322.
2) Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1901, S. 108 u. 109.
3) Sitzungsber. d. deutsch. bot. Ges. 1899 u. 1900, sowie 1897, S. 86; 1898, S. 97; Festschr. f. Schwendener 1899, S. 165.

1) Dieser Ausdruck soll die beschriebenen Vorgänge von dem des eigentlichen Schrumpfens, wobei keine Faltenbildung erkennbar ist, unterscheiden.

bereits zum Teil kontrahierten Zellen noch wassergefüllt sind. Es ist bemerkenswert, dass zu dem letzteren dieser Fälle ein bisher wenig beachteter Versuch Askenasys wiederum ein einwandfreies Pendant liefert.

Wenn Askenasy nämlich gelegentlich seines Hauptversuches Wasser auf den Gips goss, nachdem das Quecksilber vom Trichterrohr bereits eine Strecke weit gestiegen war, so beobachtete er, dass dieses Wasser mit sehr erheblicher Geschwindigkeit durch den Gips eintrat und das Quecksilber gleichzeitig auf das äussere Niveau herabsank. Die Erklärung hierfür ist ohne Zweifel die, dass bei dem Hauptversuch das Gewicht des gehobenen Quecksilbers an der Wassersäule des Trichterrohres zieht und diese spannt. Wird nun Wasser auf den Gips gegossen, so wirkt der negative Druck des Binnenwassers auf dieses zurück und veranlasst sein Einströmen, bis die Zugspannung ausgeglichen ist. Genau so liegen aber die Verhältnisse auch bei unseren kontrahierten wasser- oder saftgefüllten Zellen, nur dass hier statt des Quecksilbers die Elastizität der Wandung die Binnenflüssigkeit spannt und die gesamte Zellmembran oder ev. die dünneren Partien derselben an Stelle des Gipspfropfes treten.

Auch an den trockenen Geweben geht bei Wasserzusatz die Entfaltung unter zunehmender Füllung der Zelllumina mit auffälliger Schnelligkeit vor sich. Es ist daher von verschiedenen Seiten die Vermutung geäussert worden, dass ihre trockenen Zellen nur Luft von geringer Spannung enthalten könnten und ihre Membranen daher nahezu luftdicht schliessen müssten. Mehrfache Prüfungen dieser Frage auf verschiedenen Wegen haben aber diese Vermutung nicht bestätigt, vielmehr gezeigt, dass diese Membranen luftdurchlässig sind und dass die Spannung der in trockenen Zellen eingeschlossenen Luft von der atmosphärischen nicht erheblich abweichen kann. Eine genauere Überlegung zeigt übrigens, dass eine solche vor Beginn der Schwellung präexistente Luftverdünnung zur Erklärung des schnellen Wassereintritts gar nicht nötig ist; diese Verdünnung entsteht ja durch die bedeutende Vergrösserung des Zellraumes, die durch die elastische Entfaltung seiner Wand herbeigeführt wird, im Zellinneren meist von selbst.[1])

1) Bei der raschen Schwellung mögen noch andere Umstände mitwirken, auf die einzugehen, es hier an Raum gebricht. Es sei nur erwähnt, dass die Schwellung sich auch in der Luftleere vollständig vollzieht und dass sich hierin auch die Zellräume trockener Gewebe wieder ganz mit Flüssigkeit (Wasser oder konzentrierter Salzlösung) füllen. Hier muss der erste Eintritt der Flüssigkeit in die Zelllumina also wohl durch die Flächenanziehung ihrer Innenwand auf dieselbe herbeigeführt werden, und der fernere Wasserstrom durch den kapillaren Zug der diese Wand auskleidenden Flüssigkeitsschicht bewirkt sein.

Ein sehr naheliegender Einwand gegen die hier vorgetragene Auffassung des gesamten Entfaltungsvorganges ist bisher noch ganz unberücksichtigt geblieben, nämlich der, ob hier nicht statt elastischer, vielmehr osmotische Schwellung vorliege. Gewiss mag diese bei lebenden Zellen oft mitwirken, in vielen Fällen spielt sie aber sicherlich nicht die Hauptrolle. Das durchschlagendste Argument hierfür ist die Thatsache, dass sich die Entfaltung an zarten Schnitten mit lauter geöffneten Zellen ebenso vollständig und noch rascher vollzieht als an geschlossenen Geweben. Ausserdem ist zu beachten, dass die vollständige Schwellung mit praller Flüssigkeitserfüllung der Lumina vielfach nicht nur durch reines Wasser, sondern auch durch konzentrierte Lösungen von salpetersaurem Kali, Natron oder Ammoniak bewirkt werden kann, deren osmotischer Druck denjenigen lebender Zellen viele Male übertrifft.

Somit dürfte wohl zugestanden werden, dass in dem Vorgetragenen eine einigermassen in sich geschlossene Theorie vorliegt, die allerdings weiterer Untersuchungen über ihre Grenzen noch bedürftig ist. Es scheint nicht ausgeschlossen, dass sie auch für die Theorie der Quellung, falls oder insofern diese nach Bütschli als Wabenquellung aufgefasst werden müsste, von Nutzen sein kann. Hinsichtlich der Details der erwähnten Versuche muss auf die citierten Abhandlungen verwiesen werden. Hier möge nur noch der Apparat kurz skizziert werden, der dem Referenten, zum Teil in Gemeinschaft mit seinem Kollegen, Herrn Prof. Ripke, dazu gedient hat, die Unabhängigkeit der Schrumpfelungs- und Schwellungsvorgänge vom äusseren Luftdrucke nachzuweisen und den Luftgehalt der Zellen, sowie die Luftdurchlässigkeit der betreffenden Membranen zu prüfen.

Mit Hilfe einer neuen, vorzüglich arbeitenden Geisslerschen Luftpumpe wurden zunächst vier miteinander luftdicht verbundene Glaskugeln (s. Figur 1) aufs äusserste evakuiert. Der Raum

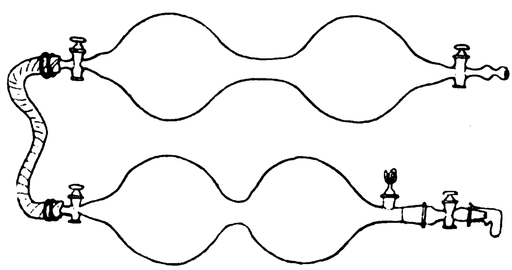


Fig. 1.

derselben, einschliesslich des mit ihnen in offener Verbindung belassenen Trockengefässes und der festen Pumpenkugel fasste nahezu 5,2 l. An dieses Vakuum konnte nun durch einen weitgebohrten Hahn entweder die flache Glaskammer

A (Fig. 2) oder das knieförmig gebogene Glasrohr *B* luftdicht angeschlossen werden. Das erstere wurde zu den Austrocknungsversuchen im Va-

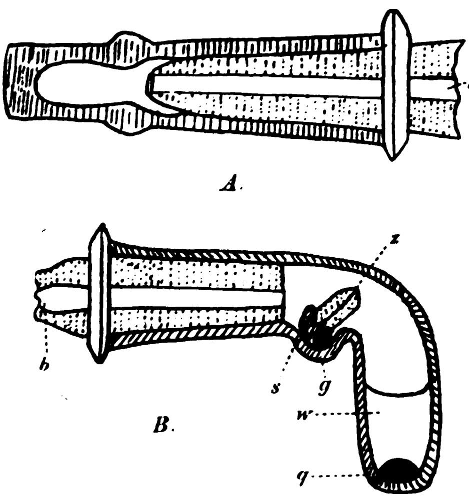


Fig. 2.

kuum benutzt, besonders, wenn diese unter dem Mikroskop verfolgt werden sollten. Es fasste mit der Bohrung des eingeschliffenen Rohres 0,1 ccm. Das letztere wurde besonders für die Entfaltungsversuche benutzt, diente aber auch zu den Austrocknungsversuchen grösseren Massstabes. Es hatte einschliesslich der Bohrung *b* 1,7 ccm Inhalt. Bei den Schwellungsexperimenten war das abwärts gerichtete Rohrstück teilweise mit Wasser (*w*) oder Salzlösung gefüllt, ausserdem enthielt es einen Quecksilbertropfen (*q*) oder eine Platinspirale, um die stossweise Entwickelung der Dampf- und Luftblasen zu mildern. In das Grübchen *g* am wagerechten Teile des Glasröhrchens wurde vor dem Anschluss des Gefässchens an den evakuierten grossen Raum das zu untersuchende Gewebe (*z*) gebracht, nachdem dieses vorher am einen Ende durch umgelegtes Stanniol (*s*) beschwert war, damit es in der Flüssigkeit untersank, wenn es nach dem Anschluss des Gefässchens an das Vakuum (durch einen Stoss an den nächsten Kugelapparat) in die Flüssigkeit befördert worden war. Um die völlige Verdampfung des Wassers im Gefässchen zu hindern, war sein Anschlusshahn während der Beobachtung zeitweilig auf längere oder kürzere Zeit geschlossen. Da auf dem Gewebe während dieses Zeitraumes der volle Dampfdruck lastete, so wurde die Temperatur des ganzen Apparates durch Kühlung möglichst herabgesetzt. Die Entfaltungsversuche gelangen noch, als der Dampfdruck auf ca. 2 mm vermindert war. Hierbei musste das Pflanzengewebe seine Schwellung in einer konzentrierten Lösung von salpetersaurem Ammonium vollziehen, die erst unter -13^0 erstarrte. Der Apparat wurde dabei mit einer Eis-Kochsalzmischung gekühlt. — Die Flüssigkeitserfüllung der Zellräume konnte mit einer scharfen Lupe verfolgt werden. In anderen Fällen diente zur Kontrolle der vollen Wassererfüllung der Lumina die Thatsache, dass die Gewebe, im Vakuum belassen, bei der Verdunstung des Wassers in gewöhnlicher Weise wieder schrumpfelten oder dass die Farnsporangien wie in der freien Natur wieder schnellten.

Lippstadt, den 8. April 1901.

(Eingegangen 2. Mai 1901.)

Tagesereignisse.

Der Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften wird seine diesjährige Hauptversammlung in der Pfingstwoche (vom 27. bis 30. Mai in Giessen abhalten. — Die Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker findet am 30., 31. Mai und am 1. Juni zu Dresden statt. —

Personalien.

Dem Prof. Dr. Christoph Schulteiss, Meteorologen beim Centralbureau für Meteorologie und Hydrographie in Heidelberg, ist die etatsmässige Stelle eines wissenschaftlichen Hilfsarbeiters bei der grossherzoglich badischen Oberdirektion des Wasser- und Strassenbaues übertragen worden.

Die dem Privatdozenten Dr. Neumann für das Fach der Elektrochemie erteilte venia legendi an der Technischen Hochschule zu Darmstadt ist für das Fach der Hüttenkunde und Probierkunst erweitert worden.

Dem durch seine Forschungen auf dem Gebiete der Elektrizität bekannten Professor Weber vom Polytechnikum in Zürich hat die dankbare Stadt Zürich das Bürgerrecht ohne Gebühren verliehen. Weber ist Thüringer von Geburt, er stammt aus einer Ortschaft bei Jena.

Der ständige Assistent am elektrochemischen Laboratorium der Technischen Hochschule Berlin Dr. Franz Peters habilitierte sich an der kgl. Bergakademie für Elektrometallurgie und Elektrochemie.

Der Privatdozent der Chemie an der Universität Leipzig Dr. phil. Julius Wagner wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

In Reval starb der frühere Professor der Mathematik der Dorpater Universität Dr. Peter Helmling im Alter von 84 Jahren. Professor Helmling war zu Erbach im Kreise Heppenheim in Hessen geboren.

Bei der Berliner Technischen Hochschule hat sich Dr. A. Junghahn, bisher Assistent des Professors Dr. Witt, als Privatdozent habilitiert. Er wird im Sommerhalbjahr über die Technologie der Eiweissstoffe lesen, während er im Winterhalbjahr ein Kolleg über Gerbereichemie und Lederfabrikation halten wird.

Der Privatdozent an der deutschen Universität in Prag Dr. Egon Ritter v. Oppolzer ist zum Professor der Astronomie an der Universität in Innsbruck ernannt worden.

Dr. B. Peter, ausserordentlicher Professor an der Universität Leipzig, feierte am 1. ds. sein 25jähriges Amtsjubiläum als Observator an der Universitätssternwarte.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 34. 25. Mai 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

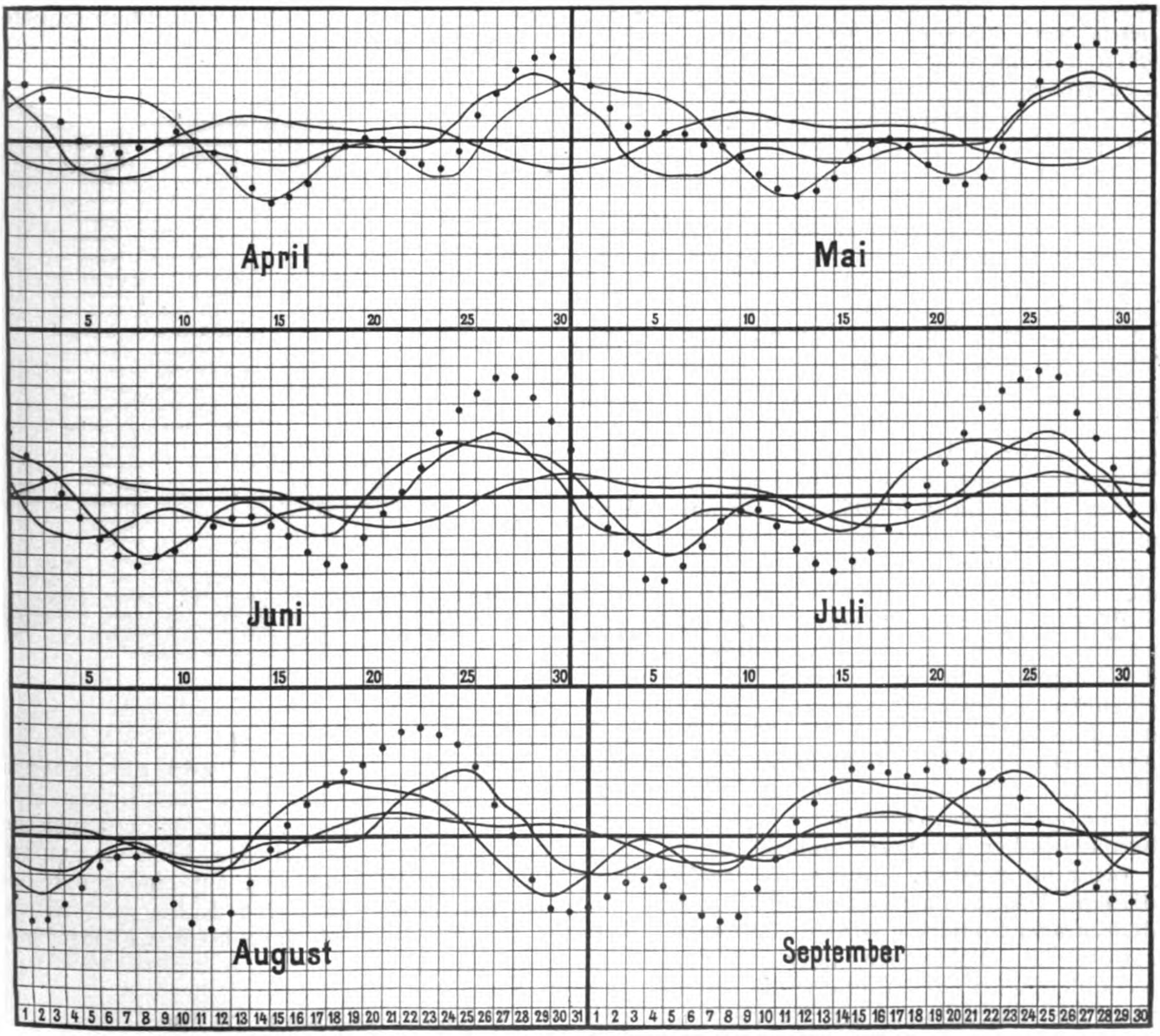
ORIGINALMITTEILUNGEN.

Neue Hilfsmittel der Wettervoraussicht.[1])

Von August Schmidt.

Zu der seit dem Jahre 1888 bekannten Bezold-schen Gewitterperiode sind seit 1898 zwei neue Gewitterperioden bekannt geworden durch die in den Abhandlungen der schwedischen Forscher Eckholm und Arrhenius: „Über den Einfluss des Mondes auf Polarlichter und Gewitter" und

1) Bericht über zwei in der Versammlung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft in Stuttgart vom 1.—3. April von Prof. Aug. Schmidt-Stuttgart gemachte Vorschläge.



„Über die 26tägige Periode der Polarlichter und Gewitter" veröffentlichte statistische Arbeit. Die Dauer der ersten Gewitterperiode mit Schwankungen zwischen 83,4 und 111,4 Prozent der mittleren Gewitterwahrscheinlichkeit wird von den beiden Forschern auf 25,92876 Tage berechnet, während die zweite, die tropische Monatsperiode, Schwankungen zwischen 69,1 Prozent und 128,6 Prozent ergiebt bei einer Dauer von 28,32158 Tagen, die dritte synodisch monatliche Periode Schwankungen zeigt zwischen 81,7 Prozent und 132,9 Prozent bei einer Dauer von 29,5059 Tagen.

Es wird nun der Vorschlag gemacht, und für die Monate April bis September 1901 ist die Sache in der umstehenden Skizze graphisch vorbereitet, eine Synthese dieser 3 Gewitterperioden auszuführen. Das Jahr zerfällt dadurch in zweierlei durch die Punktfolge der Figur bestimmte Zeiten, die unteren Zeiten mit stetigerem Witterungscharakter, und die oberen an Gewittern und Platzregen reicheren Zeiten. Die Beobachtungen in Stuttgart im Laufe des verflossenen Jahres bestätigten diesen verschiedenen Charakter des Wetters schon zahlenmässig durch ein Verhältnis der Niederschlagsmengen während der Monate März bis Oktober, welche sich in den Zeiten, die um mehr als 10 Prozent von der mittleren Wahrscheinlichkeit abwichen, je in 85 Tagen, wie 29:71 verhielten.

Zum zweiten Vorschlage übergehend, sei hervorgehoben, dass es zwei Theoreme der Mathematik giebt, welche den Weg zur Wettervorhersicht weisen, das eine die Fourierschen Reihen, mit deren Hilfe die harmonische Analyse die Witterungserscheinungen in ihre Perioden zerlege. Das andere, mehr die Wettervorhersicht auf kürzere Zeit betreffende, sei der Lehrsatz von Taylor. Man sollte für die tägliche Wetterprognose und die Aufstellung der Wetterkarten nicht bloss Mitteilung der um 8 Uhr morgens abzulesenden Barometerstände haben, sondern auch für diesen bestimmten Moment die erste und womöglich auch zweite Derivierte des Barometerstandes nach der Zeit. Beides liesse sich an der Kurve des Barographen aus der Tangentenrichtung und aus der Krümmung erkennen. Am wichtigsten wäre das erste Stück, die „barometrische Tendenz". Ohne Änderung des Umfangs der Wetterdepeschen könnte man in diesen die entbehrliche Angabe der Zehntelgrade der Temperatur ersetzen durch eine die Stärke der barometrischen Tendenz kennzeichnende Ziffer, 1 bis 4 für positive, 5 bis 8 für negative Tendenzen. Die auf eine Karte eingetragenen Tendenzen aller Stationen würden Aufschluss geben sowohl im allgemeinen über den Grad der Veränderlichkeit des Wetters, als insbesondere über die Zugrichtung der Depressionen und über deren Neigung zum Vertiefen oder Verflachen. Die Einführung der Neuerung müsste durch internationale Übereinkunft zu stande kommen.

(Eingegangen 19. April 1901.)

Das Photographophon.

Von Ernst Ruhmer.

Anlässlich der Beschreibung einer neuen Sende- und Empfangsanordnung für drahtlose Telephonie[1]) war bereits darauf hingewiesen worden, dass unter günstigen Versuchsbedingungen die Lichtintensitätsoszillationen einer sprechenden Bogenlampe derart beträchtlich sind, dass es möglich ist, dieselben auf einem bewegten lichtempfindlichen Film photographisch zu fixieren. Auf diese photographische Methode sowie auf eine Anwendung dieses Verfahrens zur Konstruktion eines photographischen Phonographen, „Photographophon" genannt, soll im folgenden an der Hand einiger Photographien kurz eingegangen werden.

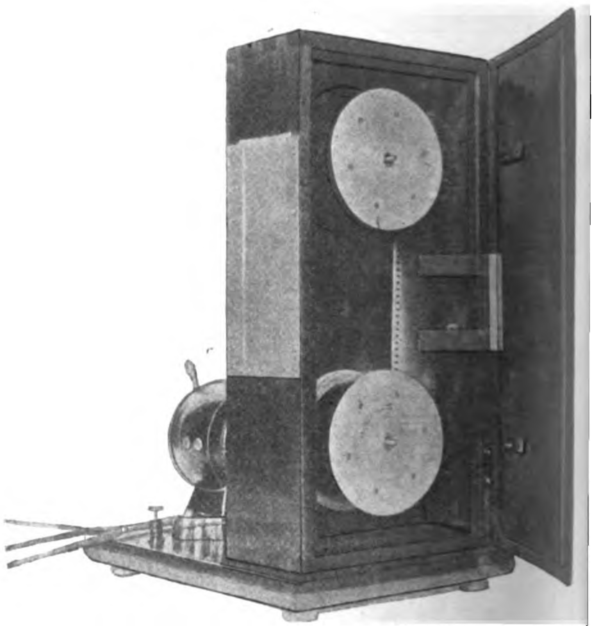


Fig. 1.

Das Photographophon (vergl. Fig. 1) besteht im wesentlichen aus einem lichtdichten Holzkasten, in welchem sich ein photographischer Film, ähnlich wie bei den Kinematographen, von einer Rolle ab und auf eine andere aufwickeln lässt. Die eine Rolle wird mittelst Schnurtriebes durch einen kleinen Elektromotor angetrieben.

1) Vgl. diese Zeitschrift 2, 339, 1901.

Der mit einer mittleren gleichmässigen Geschwindigkeit von ca. 2—3 m bewegte Film passiert die Brennlinie einer Cylinderlinse (vergl. Fig. 2). Vor letzterer befindet sich in

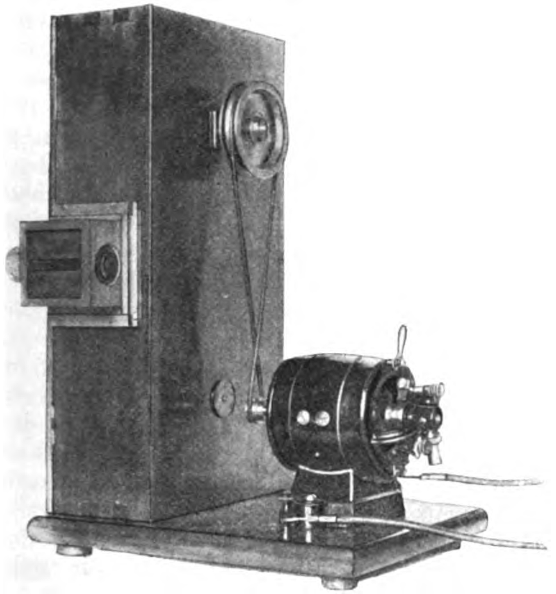


Fig. 2.

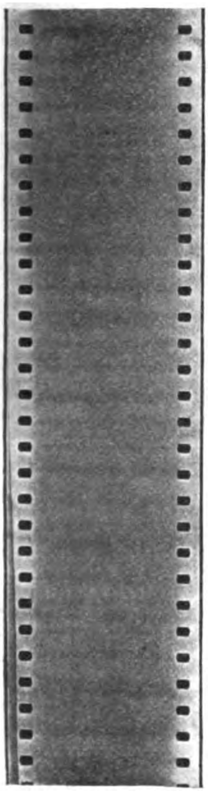


Fig. 3.

geeigneter Entfernung die den Schallwellen analog undulierende Lichtquelle, beispielsweise ein sprechender Flammenbogen. Die angewandte Schaltung (Sparschalttransformator), welche wohl die einfachste und beste ist, wurde bereits früher ausführlicher beschrieben[1]).

Nachdem der Film auf diese Weise besungen resp. besprochen worden ist, wird er in der gewöhnlichen Weise entwickelt und fixiert. Bei längeren Photophonogrammen bedarf man zu diesem Zwecke besonderer Vorrichtungen, wie solche zur Entwicklung kinematographischer Aufnahmen in Gebrauch sind.

Auf dem Film treten die Lichtschwankungen mit grosser Deutlichkeit hervor.

Fig. 3 zeigt ein Stück eines nach dem obigen Verfahren erhaltenen „lichtbesprochenen" Films.

Bei der Wiedergabe wird der Film in gleicher Weise und mit gleicher Geschwindigkeit wie bei der Aufnahme vor einer gewöhnlichen Projektionslampe an Stelle der vorher benutzten undulierenden Lichtquelle vorübergeführt. Hinter dem Film befindet sich, auswechselbar angeordnet, eine sehr empfindliche Selenzelle, die mit zwei hintereinandergeschalteten Fernhörern und einer Batterie kleiner Trockenelemente verbunden ist (vergl. Fig. 4). Durch

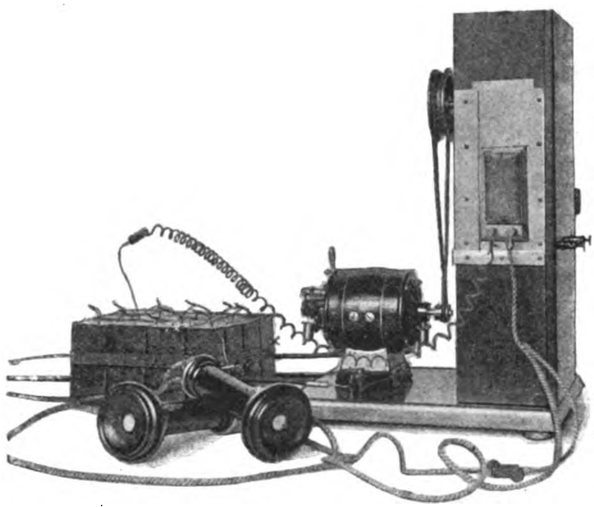


Fig. 4.

die verschieden starke Schwärzung des Films wird eine, den aufgenommenen Schallwellen entsprechende, undulierende Belichtung der Selenzelle hervorgerufen, die sich in bekannter Weise in den eingeschalteten Hörern wieder in Schallwellen umsetzt.

Die Wiedergabe ist überraschend deutlich. Die Lautstärke derselben lässt sich durch Steigerung der Lichtintensität der bei der Wiedergabe benutzten Projektionslampe derart erhöhen, dass sie der einer guten Telephonübertragung gleichkommt.

Natürlich ist es gleichgültig, ob man zur Reproduktion den erhaltenen Negativ-Film oder ein davon gefertigtes Positiv anwendet.

Abgesehen von der Empfindlichkeit der photographischen Methode, kommt für praktische Zwecke noch der Umstand hinzu, dass sich von einem Photophonogramm (Negativ) beliebig viele gleichwertige Kopien (Positive) anfertigen lassen.

Die Gesprächsdauer ist eine fast unbegrenzte und die Raumeinnahme des Films eine verschwindend geringe.

Neuerdings ist es mir durch Anwendung einer undulierenden Glühlampe an Stelle der

1) Vgl. diese Zeitschrift **2**, 325, 1901.

sprechenden Bogenlampe und durch anderweitige Verbesserungen gelungen, schon bei einer Geschwindigkeit des Films von ca. 20 cm pro Sekunde brauchbare Resultate zu erhalten.

Für praktische Zwecke soll zunächst die Verwendung des Photographophons in Verbindung mit dem Kinematographen, wobei auf einem und demselben Film die Bewegungen und die Musik resp. Sprache festgehalten werden können, ins Auge gefasst werden.

Bei den zahlreichen Hilfsmitteln, die zur Erhöhung der Lautstärke zur Verfügung stehen, ist Hoffnung vorhanden, das Photophonogramm mittelst lautsprechenden Telephons einem grösseren Auditorium hörbar wiedergeben zu können.

Eine andere Anwendung besteht in der Möglichkeit, nach Aufnahmen einzelner Laute Ätzungen anzufertigen und die menschliche Sprache aus den einzelnen Lauten auf durchsichtige Papierstreifen aufzudrucken und im Zusammenhang wiederzugeben.

Eine ausführliche Darstellung behalte ich mir für später vor.

Berlin, April 1901, Privatlaboratorium.

(Eingegangen 6. Mai 1901.)

Über die durch Radiumsalze hervorgerufene induzierte Radio-Aktivität.

Von P. Curie und A. Debierne.[1])

Herr und Frau Curie haben gezeigt, dass jede Substanz in der Nähe eines aktiven Baryumsalzes selbst radio-aktiv wird. Diese induzierte Radio-Aktivität bleibt längere Zeit nach Entfernung des aktiven Baryumsalzes bestehen, doch nimmt sie mit der Zeit ab und zwar zuerst schnell, dann immer langsamer und scheint sich asymptotisch der Null zu nähern. Herr A. Debierne zeigte, dass Baryumsalze, die in innige Berührung mit Aktiniumsalzen gebracht werden, zeitweise einen Teil der Eigenschaften der aktiven Baryumsalze erwerben und monatelang behalten.

Andererseits hatte Frau Curie beim Messen der Radio-Aktivität von Thorium-Oxyd Unregelmässigkeiten beobachtet, die nicht sogleich erklärt werden konnten. Herr Owens machte dieselbe Bemerkung und zeigte, dass Luftströme in gewisser Weise einen Teil der Aktivität des Thoriumoxyds unterdrücken. Herr Rutherford untersuchte diese Erscheinung von neuem und zeigte, dass Luft, die sich in der Nähe des Thoriumoxyds befand, nach der Entfernung noch etwa zehn Minuten lang ihre leitenden Eigenschaften bewahrte. Er beobachtete auch, dass das Thoriumoxyd Erscheinungen von induzierter Radio-Aktivität, analog denen, die durch Radiumsalze hervorgerufen werden, bewirken kann. Endlich konstatierte er die wichtige Thatsache, dass Körper, mit negativer Elektrizität geladen, sich viel energischer aktivieren als andere. Herr Rutherford erklärt diese Erscheinungen durch die Annahme, dass das Thoriumoxyd eine besondere radio-aktive Emanation aussende, die von einem Luftstrom mitgenommen und durch die positiven Luftionen positiv geladen werden kann. Diese Emanation wäre die Ursache der induzierten Radio-Aktivität. Herr Dorn hat mit aktiven Baryumsalzen die Experimente wiederholt, die die Herrn Owens und Rutherford mit Thoriumoxyd gemacht haben.

Ausserdem sei daran erinnert, dass Herr und Frau Curie schon beim Beginn ihrer Untersuchungen radio-aktiver Körper durch Erhitzung der Pechblende ein Gas erhalten konnten, das einen Monat lang radio-aktiv blieb[1]).

Wir haben neue Untersuchungen über diese induzierte Radio-Aktivität gemacht, die sich in den verschiedensten Formen darstellt und deren Natur uns noch keineswegs aufgeklärt zu sein scheint.

Die Radio-Aktivität wurde auf elektrischem Wege untersucht und zwar durch folgende Versuche:

1. Die induzierte Radio-Aktivität wird verstärkt, wenn man mit verschlossenem Behälter arbeitet. Die aktive Substanz befindet sich in einem kleinen dünnwandigen Glasgefäss *a*, das

1) Aus C. R. 132, 548, 1901.

1) P. u. S. Curie, C. R., Nov. 1899. — A. Debierne, C. R., Juli 1900. Frau Curie, C. R. April 1898. — Owens. Phil. Mag., Okt. 1899. — Rutherford, Phil. Mag. Jan. u. Febr. 1900. — Dorn, Abh. Naturf. Gesell. Halle, Juni 1900. — Herr u. Frau Curie, Congrès de Physique, 1900.

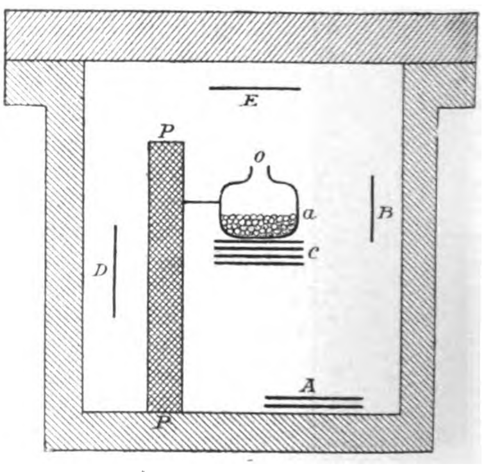


Fig. 1.

oben eine Öffnung *o* besitzt und in der Mitte des vollständig geschlossenen Behälters angebracht ist (Figur 1). Verschiedene Platten *B*, *D*, *E*, die an verschiedenen Stellen im Behälter aufgehängt sind, werden nach eintägigem Exponieren in gleicher Stärke aktiv. Die Platte *D*, die vor der Strahlung hinter dem Bleischirm *PP* geschützt ist, wird ebenso aktiviert wie *B* und *E*. Eine Platte, die wie *A* die Wand berührt, wird auf der der Luft des Behälters ausgesetzten Seite stark aktiv, auf der der Wand zugekehrten dagegen nur unmerklich. Bei einer Reihe von aufeinander geschichteten Platten *c*, die gegen das Gefäss gelehnt sind, wird nur die Aussenseite der letzten Platte, die der Luft ausgesetzt ist, stark aktiv. Alle Substanzen scheinen sich in gleicher Weise zu aktivieren (Blei, Kupfer, Aluminium, Glas, Ebonit, Pappe, Paraffin).

Mit stark radio-aktivem Baryumchlorür (Atomgewicht des Metalls 174), erhalten die einige Tage lang exponierten Platten eine Aktivität, die 800 mal stärker ist, als bei einer metallischen Uranplatte von gleicher Grösse. Der freien Luft ausgesetzt verlieren sie den grössten Teil ihrer Aktivität in einem Tage. Die Aktivität verschwindet viel langsamer, wenn die Platten in dem geschlossenen Behälter gelassen werden, aus dem die aktive Substanz entfernt wurde.

Wiederholt man diese Versuche mit vollständig geschlossenem Gefäss *a*, so erhält man keine induzierte Aktivität.

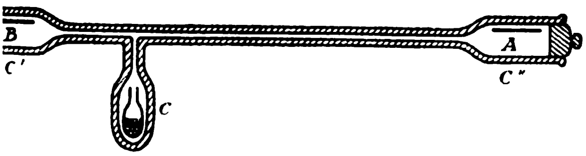


Fig. 2.

2. Der kleine Raum *C* (Fig. 2), der die aktive Substanz enthält, kommuniziert mit den Räumen *C'* und *C"*, die die zu aktivierenden Körper *A* und *B* enthalten, durch Kapillarröhrchen (innerer Durchmesser 0,1 mm, Länge 5 und 75 cm). Wenn die Hohlräume *C*, *C'* und *C"* sehr klein sind, so entsteht die Aktivierung sehr schnell und wird ebenso stark, als ob *A* und *B* mit der aktiven Substanz im gleichen Raume wäre.

Diese Erscheinungen sind mit verschiedenen radio-aktiven Baryumsalzen beobachtet worden (Chlorür, Sulfat, Carbonat). Die Aktiniumverbindungen rufen die induzierte Radio-Aktivität ebenso hervor. Hierzu im Gegensatz bringen die selbst sehr stark aktiven Poloniumsalze keine Aktivierung hervor. Da man zudem weiss, dass das Polonium keine durch das magnetische Feld ablenkbaren Strahlen emittiert, so kann man vielleicht diese beiden Erscheinungen miteinander in Verbindung setzen.

Man kann aus den obigen Versuchen den Schluss ziehen, dass die Strahlung des Radiums bei der Erscheinung der induzierten Radio-Aktivität gar keine Rolle spielt; es könnten höchstens die sehr absorbierbaren Strahlen in Betracht kommen, die auf die der aktiven Substanz unmittelbar anliegende Luftschicht wirkten.

Die induzierte Radio-Aktivität verbreitet sich in der Luft von Schicht zu Schicht, von der strahlenden Substanz bis zu den zu aktivierenden Körpern; sie kann sich selbst durch sehr enge Kapillarröhrchen fortpflanzen. Die Körper werden nach und nach aktiv, um so schneller, je kleiner der Raum ist, in dem sie sich befinden, und streben einem Grenzwert der induzierten Aktivität zu, wie bei einer Sättigungserscheinung. Die Aktivitätsgrenze ist um so höher, je aktiver die benutzte Substanz selbst ist.

Die Emanationstheorie Herrn Rutherfords gestattet diese verschiedenen Resultate ganz gut zu erklären; aber da man leicht auch andere befriedigende Erklärungen konstruieren könnte, scheint es uns verfrüht, irgendeine Theorie anzunehmen. Neue Thatsachen erst können die Frage erhellen.

Wie dem auch sei, diese Erscheinung scheint eine der wichtigsten Eigenschaften der radioaktiven Körper zu sein. Vielleicht ist sie die notwendige Ergänzung der ablenkbaren Strahlung.

(Aus dem Französischen übersetzt von Frieda Kaufmann.)

(Eingegangen 6. Mai 1901.)

REFERATE.

Instrumentenkunde.
Besorgt von Privatdozent Dr. W. Kaufmann.

Die Funken-Induktoren und Stromunterbrecher auf der Pariser Weltausstellung 1900.

Obwohl es bis heute noch nicht gelungen ist, eine allgemein gültige Theorie aufzustellen, die die Berechnung der günstigsten Verhältnisse bei der Konstruktion von Funken-Induktoren gestattet, und die empirische Methode bei dem Bau der Apparate noch vorherrscht, so sind doch mit der Technik der Röntgenstrahlen eine Reihe von Vervollkommnungen herbeigeführt worden, die in der Güte der Isolation, in der Vergrösserung des Nutzeffektes, in der Verminderung des

Raumbedarfs und des Gewichtes der Induktoren zur Geltung kommen. Im folgenden soll eine kurze Zusammenstellung der verschiedenen Konstruktionen von Induktoren und Unterbrechern nach den auf der Pariser Weltausstellung vertretenen Apparaten gegeben werden.

Die Apparate deutscher Herkunft besitzen fast alle dieselbe typische Form.

Fig. 1 zeigt als Beispiel einen Induktor für 60 cm Funkenlänge im Massstab 1 : 10, wie er von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, gebaut wird.

Die primäre Spule, die ebenso wie der Eisenkern auswechselbar ist, hat mit Ausnahme der Apparate von Siemens & Halske (Fig. 2), eine bedeutend grössere Länge, als die Induktionsspule.

Die sekundäre mit Ebonit überzogene Spule besteht bei den Induktoren von 20 cm Funkenlänge an fast ausschliesslich aus vielen senkrechten, durch Isolierscheiben getrennten Sektionen, welche je nach dem Fabrikat von einem bis zu mehreren Millimetern breit sind. Die einzelnen Sektionen und die ganze Induktionsspule werden im Vakuum mit einer aus Wachs, Kolophonium und venetianischem Terpentin bestehenden Isolationsmasse umgossen. Besonders wichtig für die Erhaltung guter Isolation ist das Heraussaugen der Luft.

Die Sekundärwicklung besteht je nach dem Verwendungszweck des Apparates aus 0,1 bis 0,2 mm starkem, mit Seide umsponnenem Kupferdraht.

Einer der grössten Apparate dieser Type war der der Fabrik elektrischer Apparate Dr. Max Levy, Berlin, bei dem eine Funkenlänge von 1 m (bei 35 Ampère Betriebsstromstärke) vermerkt war. Es dürfte interessieren, einige nähere Angaben über den Levyschen Induktor mitzuteilen.

Der Eisenkern hatte eine Länge von 1300 mm bei einem Durchmesser von 70 mm. Die primäre Spule bestand aus 340 Windungen eines 3 mm starken Kupferdrahtes.

Die sekundäre Spule besass einen äusseren Durchmesser von 360 mm, sie enthält ca. 100000 Windungen oder ca. 160 km Seidendraht. Die wirksame Fläche des im Gestellkasten befindlichen Kondensators betrug 2×30 qm.

Von Apparaten anderer deutscher Firmen seien hier noch die der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft hervorgehoben, die auch einen Apparat zur Erzeugung stereoskopischer Röntgen-

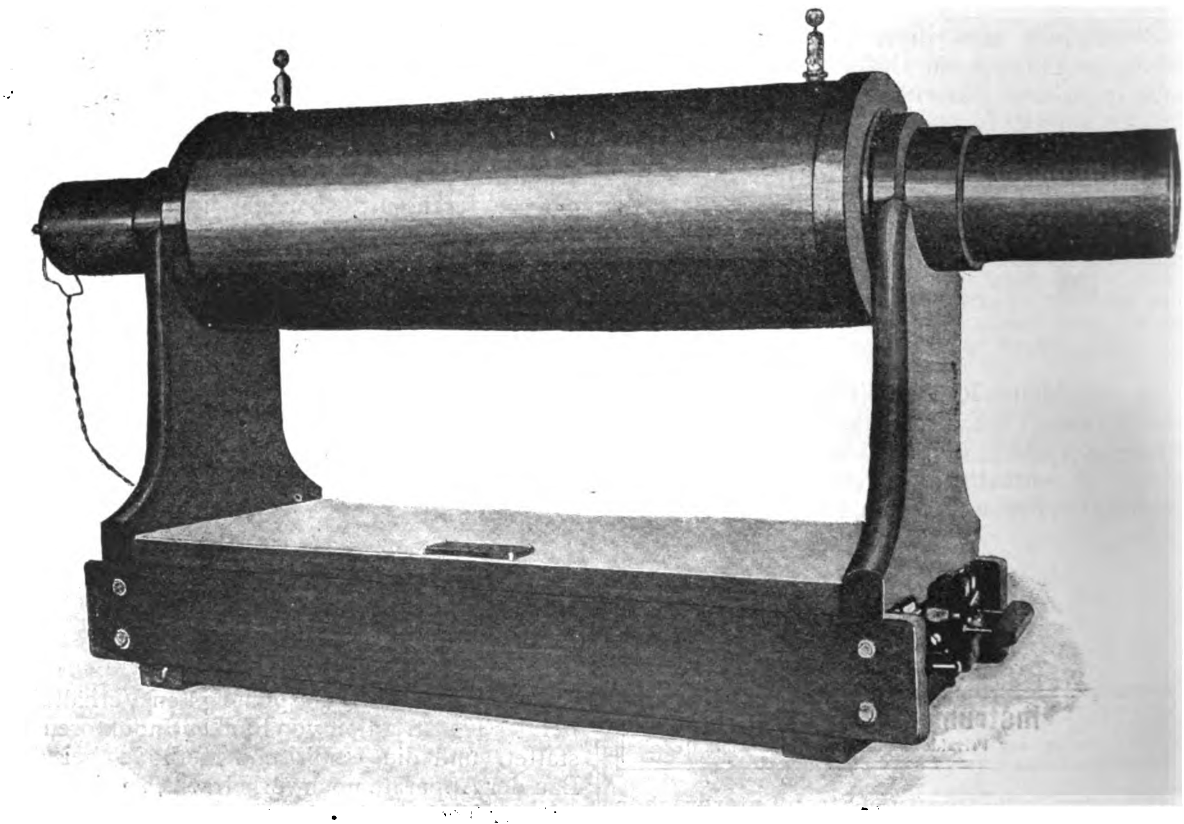


Fig. 1.

bilder ausstellte[1]), ferner von Hirschmann, Berlin; Keiser & Schmidt, Berlin; Max Kohl, Chemnitz; Siemens & Halske, Berlin.

Von ausserdeutschen Fabrikaten seien zunächst die von Klingelfuss, Basel, ausgestellten Induktoren und Funkentransformatoren erwähnt. Ausser einem Induktor für 1,5 m Funkenlänge war ein Funkentransformator mit nahezu geschlossenem magnetischen Stromkreise vertreten, der sich durch seinen hohen Nutzeffekt und ausserordentliche Funkendicke auszeichnet.[2])

Der Kern ist aus u-förmigen Blechscheiben zusammengesetzt und über jedem der senkrechten Schenkel ist eine Hälfte der sekundären Wicklungen angeordnet. Zum besseren Schliessen des magnetischen Stromkreises können noch zwei Polschuhe, gleichfalls aus Eisenblech, hinzugefügt werden, welche zwischen sich nur einen schmalen Abstand lassen.

1) Vgl. diese Zeitschr. 1, 533, 1900.

2) Über die Klingelfuess schen sehr bemerkenswerten Induktorien wird demnächst ausführlich referiert werden. D. Red.

Der Widerstand der sekundären Spule beträgt bei 30—35 cm Funkenlänge nur ca. 3200 Ω. Der Kondensator ist abstöpselbar. Dieser Funkentransformator eignet sich speziell für hohe Intensitäten.

In der französischen Abteilung sind die äusseren Formen sehr abweichend.

Die Spule von Radiguet z. B. befindet sich in einem mit Paraffinöl gefüllten Behälter.

Rochefort verwendet einen aus dickflüssiger, teigartiger Kohlenpaste hergestellten Isolationsstoff. Bei seinen einpoligen Spulen besteht die Sekundärspule in dem als „transformateur de quantité" bezeichneten Modell nur aus zwei Spulen, die parallel geschaltet sind. Der Funke soll dadurch intensiver sein, als wenn nur eine Spule mit derselben Windungszahl wie eine der beiden Spulen, aber mit dem doppelten Querschnitt vorhanden wäre.

Von anderen französischen Ausstellern seien Ducretet, Gaiffe, Carpentier (vgl. Fig. 3) und Rochefort genannt.

Die Unterbrecher, denen wir uns im fol-

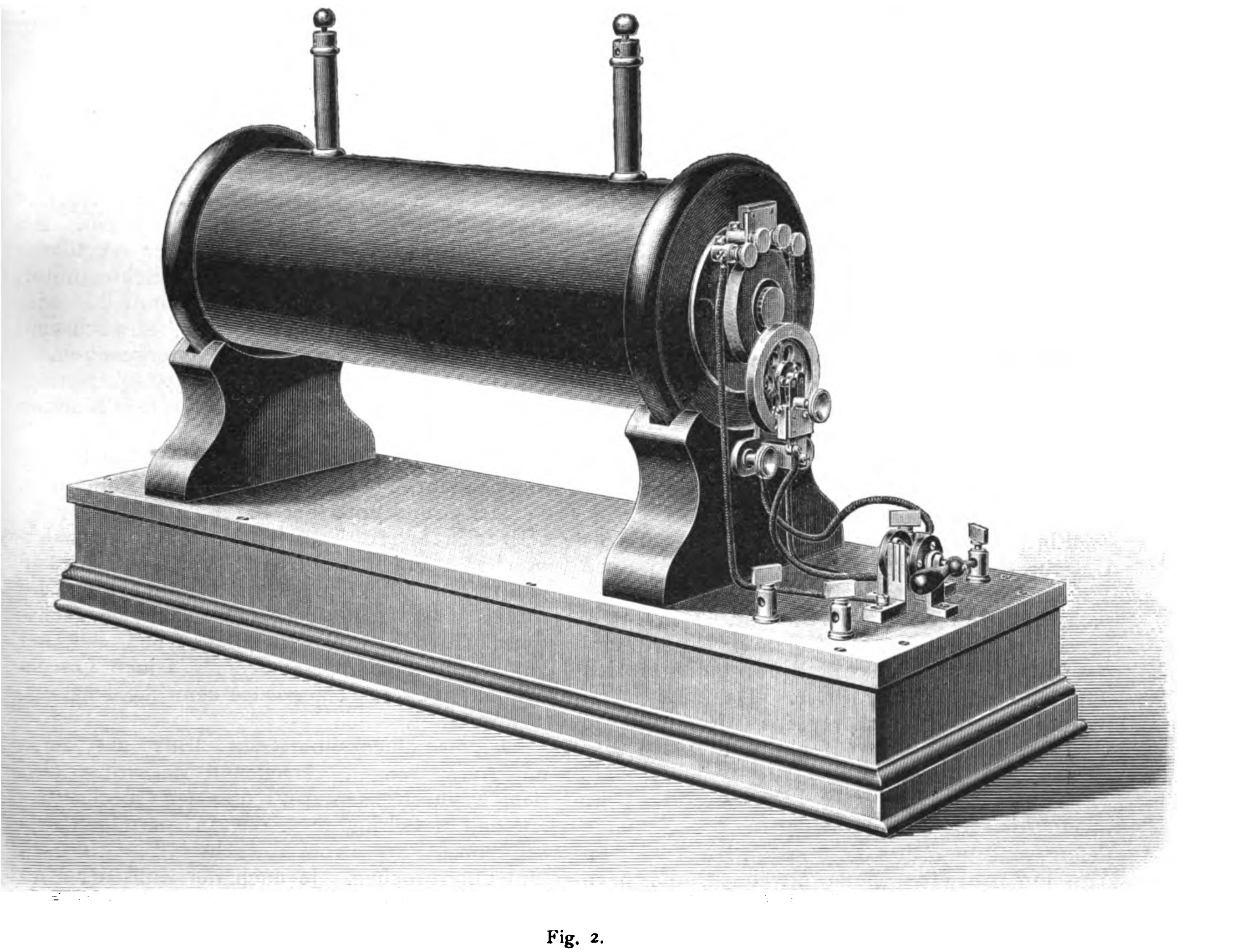


Fig. 2.

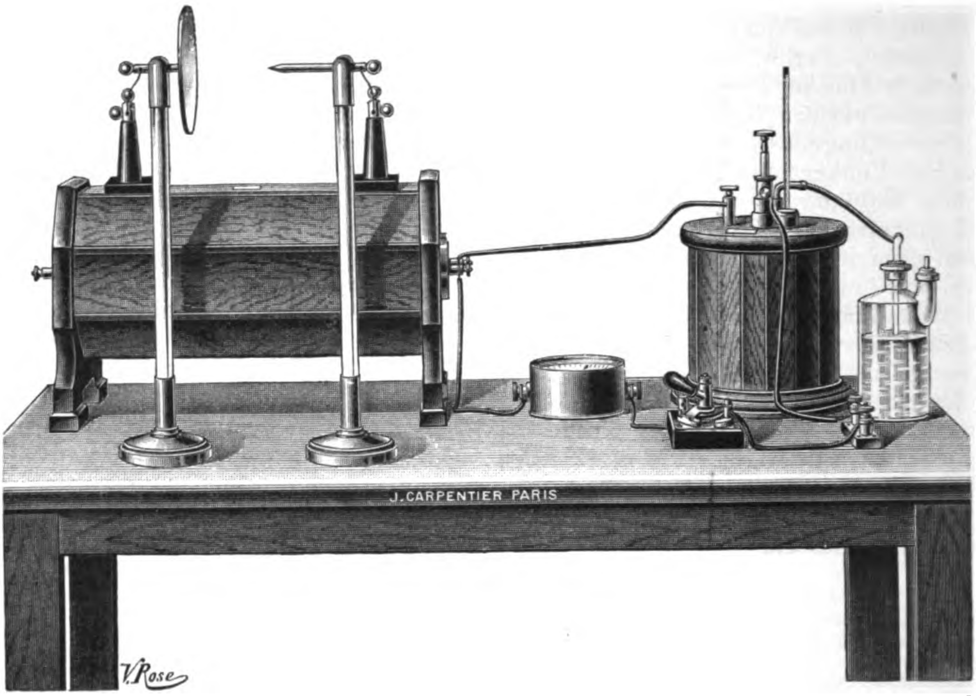


Fig. 3.

genden zuwenden, haben in letzter Zeit einen hohen Grad technischer Vollkommenheit erreicht, so dass sie den meisten Anforderungen der Praxis genügen. Man kann die zahlreichen Unterbrecherkonstruktionen einteilen in solche, bei denen die Unterbrechung zwischen Metall und Metall und zwar vorzugsweise zwischen Platin und Platin oder unter Verwendung von Quecksilber stattfindet, und in die Flüssigkeits-Unterbrecher.

Die Apparate, die auf dem Prinzipe des Wagner-Neefschen Hammers beruhen (Platin-Hammer-Unterbrecher und Deprez-Unterbrecher) sind nur für kleinere Induktorien bis zu 20 cm Funkenlänge und für geringere Betriebsspannungen verwendbar. Über die mannigfachen Formen ist nichts Besonderes zu bemerken.

Eine interessante Form eines Platinhammer-Unterbrechers ist der Mac Farlan Mooresche Vakuum-Vibrator, der von der Firma Max Kohl in Chemnitz ausgestellt war. Der Unterbrecher ist in einer luftleeren Glasröhre eingeschlossen; der Elektromagnet befindet sich unterhalb der Vakuumröhre. Da die Unterbrechungen im Vakuum vor sich gehen, sind die Unterbrechungsfunken auf ein Minimum herabgesetzt.

Unter den Quecksilberunterbrechern, die etwa 10—20 Unterbrechungen pro Sekunde liefern, sind zunächst die Quecksilberwippen und Doppelwippen zu erwähnen, die nach dem Prinzip des Foucaultunterbrechers konstruiert sind. Hierher gehören auch die nach dem Prinzip der Roguetschen Spirale gebauten Unterbrecher von Villard, die von Chabaud angefertigt werden.

Für grössere Induktoren bürgern sich immer mehr die Motor-Quecksilberunterbrecher mit einem oder zwei Kontakten ein. Bei denselben wird ein gradgeführter vertikaler Kontaktstift von einem kleinen Elektromotor, der von einer besonderen Stromquelle oder vom Leitungsnetz gespeist wird, abwechselnd in Quecksilber getaucht und emporgezogen.

Die maximale Unterbrechungszahl beträgt bei den Apparaten mit Doppel-Wechsel-Kontakt ca. 60 pro Sekunde.

Derartige Unterbrecher finden sich bei Hirschmann, Max Kohl, Ducretet, Gaiffe u. a.

Der Grundtypus der rotierenden Quecksilberunterbrecher ist der Turbinenunterbrecher der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft von H. Boas (vgl. Fig. 4 u. 5). Bei demselben wird mittelst einer kleinen Turbine mit vertikaler Achse Quecksilber aus einem gusseisernen Behälter angesaugt und in Form eines feinen Quecksilberstrahles aus einer Düse centrifugal herausgeschleudert.

Dieser Quecksilberstrahl trifft auf einen mit Aussparungen versehenen Metallring. Bei dem wechselweisen Auftreffen des Quecksilbers auf den Metallring resp. die Aussparungen desselben wird der Strom abwechselnd geschlossen und unterbrochen. Je nach der Zahl der Umdrehungen der Turbine und der Zahl der Aussparungen in dem konzentrischen Ringe lässt

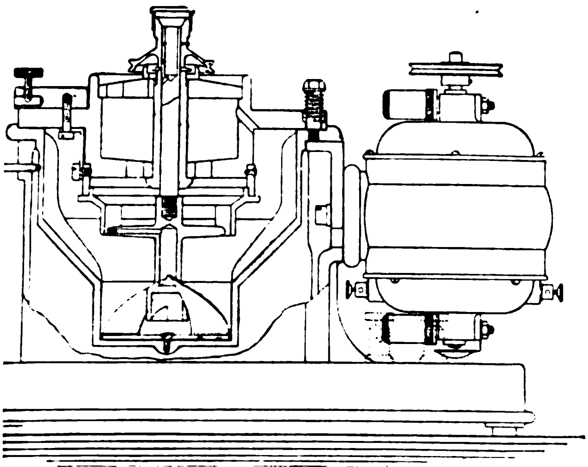


Fig. 4.

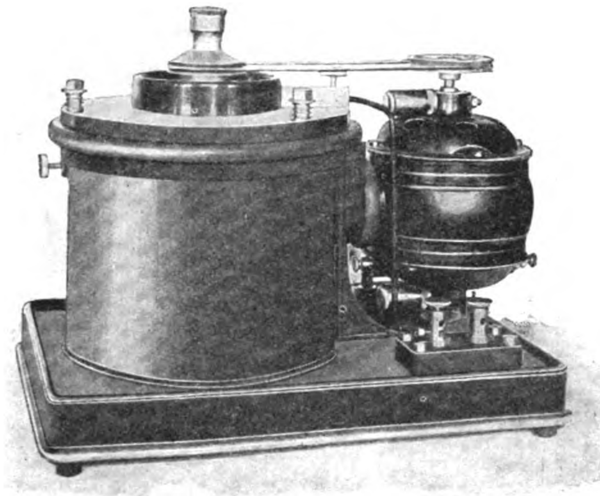


Fig. 5.

sich die Zahl der Unterbrechungen bis zu mehreren Hundert pro Sekunde steigern. Das Quecksilber ist mit Alkohol so hoch bedeckt, dass die rotierende Düse sich innerhalb der Flüssigkeit befindet.

Die Möglichkeit, grössere Stromstärken exakt unterbrechen und die Anzahl der Unterbrechungen sowie die Dauer des Stromschlusses in weiten Grenzen variieren zu können, ist ein entschiedener Vorteil dieser Unterbrecherkonstruktion vor den bisher erwähnten. Dazu kommt noch der geräuschlose Gang der Unterbrecher und der Umstand, dass beim freiwilligen oder zufälligen Anhalten der Turbine der Speisestrom des Funkeninduktors selbstthätig ausgeschaltet wird.

Fig. 5 zeigt eine äussere Ansicht des A.-E.-G. Turbinen-Unterbrechers.

Ausser den Apparaten dieser Konstruktion für Gleichstrom werden auch Turbinen-Quecksilber-Unterbrecher für Wechselstrom hergestellt.

Bei letzterem lässt ein zum Antrieb dienender

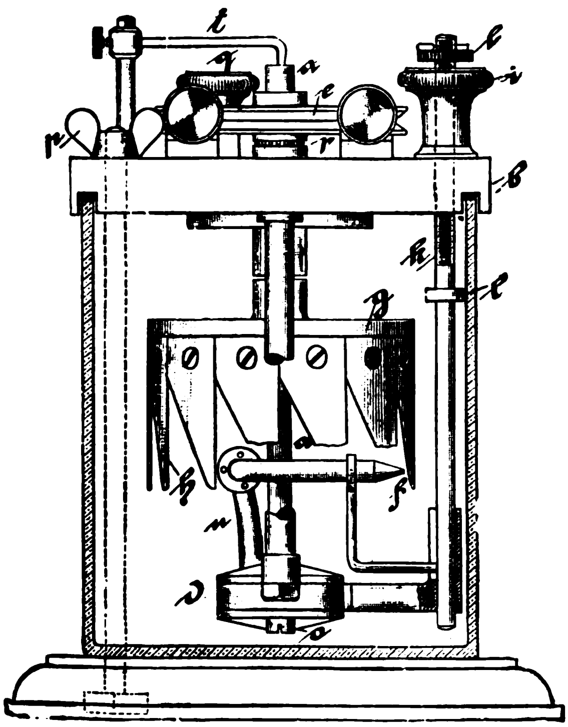


Fig. 6.

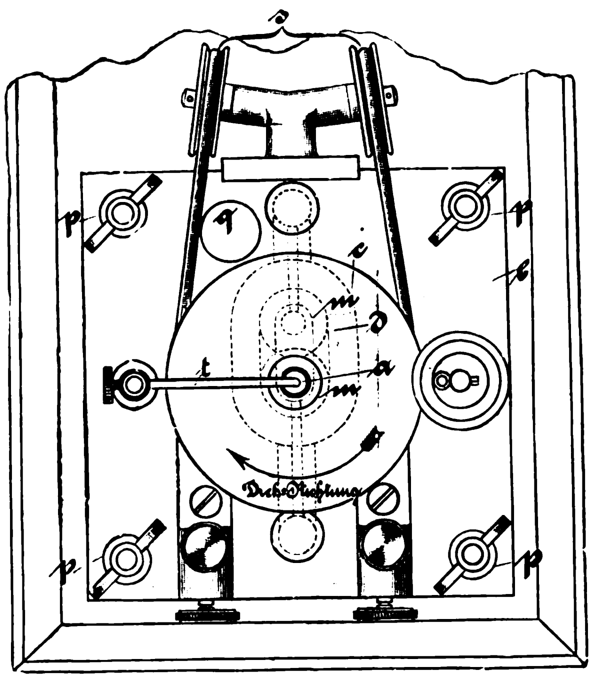


Fig. 7.

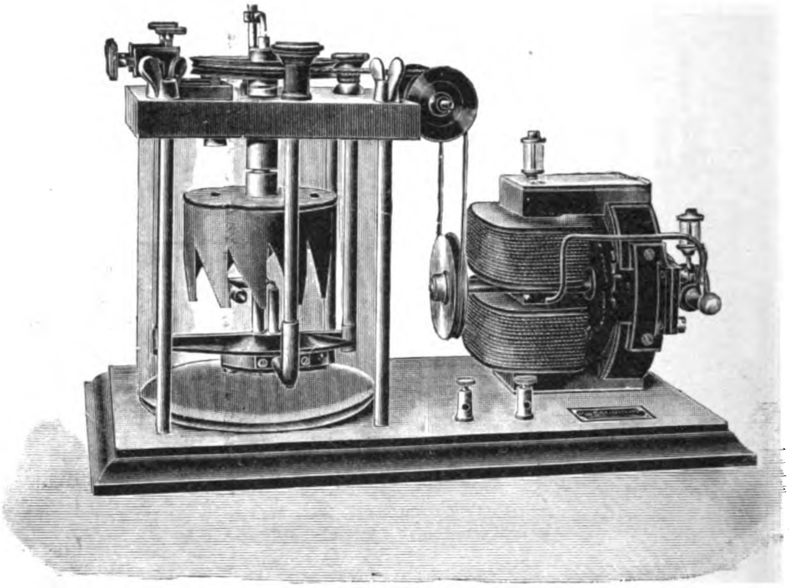


Fig. 8.

Synchronmotor nur die eine Stromrichtung passieren.

Zu erwähnen ist noch die Konstruktion eines mit einem Telegraphentaster für Funkentelegraphie kombinierten Turbinenunterbrechers, bei dem durch Heben und Senken der Turbinenwelle die Morsezeichen erzeugt werden.

Gleichsam die Umkehrung des Boasschen Turbinenunterbrechers ist der Levysche Quecksilberstrahl-Unterbrecher (vgl. Fig. 6, 7, 8). Bei diesem Apparat wird ein ruhender Quecksilberstrahl gegen ein mit dreieckigen Zähnen versehenes Wellenzahnrad geschleudert.

Fig. 9 zeigt den Entladungsflammenbogen eines mit Quecksilberstrahlunterbrecher betriebenen Induktors.

Eine weitere Form dieses Unterbrechertypus ist diejenige von Hirschmann mit rotierendem Gleitkontakt, über deren Konstruktion schon eingehender berichtet ist.[1])

Die Wirkung ist ähnlich derjenigen der Flüssigkeitsunterbrecher, welche die höchst erreichbaren Unterbrechungszahlen (1000—2000 pro Sekunde) liefern. Die Wirkungsweise derselben kann als bekannt vorausgesetzt werden. Sie sind konstruktiv sehr einfach, zeichnen sich den anderen

1) Vgl. diese Zeitschr. 2, 218, 1901.

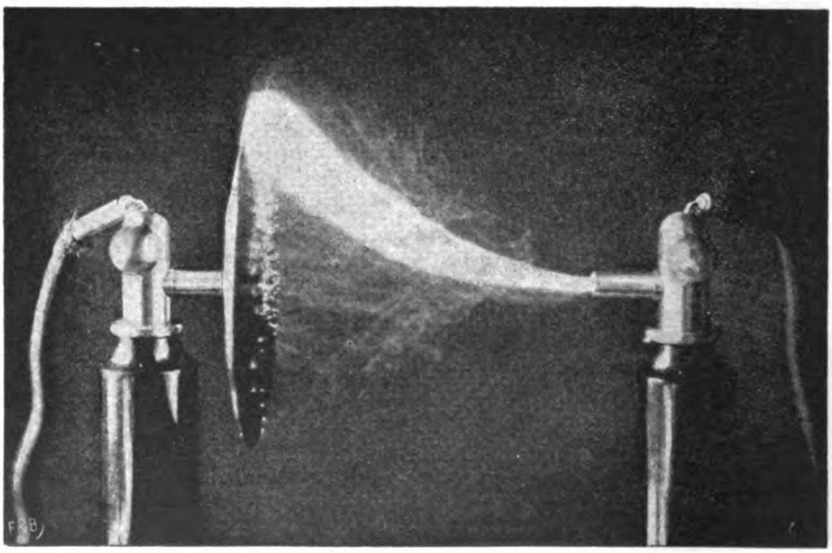


Fig. 9.

Unterbrechern gegenüber durch eine wesentlich grössere Wirkung aus, besitzen jedoch den Nachteil, dass sie mehr oder weniger unökonomisch arbeiten.



Fig. 10.

Die Ausführungsformen des Wehnelt-Unterbrechers von der A.-G. Siemens & Halske zeigen Fig. 10—13.

Der Wehnelt-Unterbrecher für andauernden Betrieb mit Kühlvorrichtung für Gleichstrom (Fig. 10 u. 11) besteht aus einer Hartgummideckplatte mit den beiden Elektroden, einem Bleigefäss zur Aufnahme des Elektolyten und einem

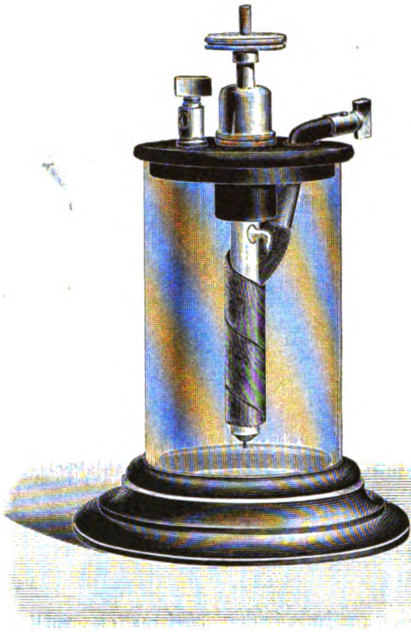


Fig. 12.

Kühlgefäss zur Aufnahme des Kühlwassers. Eine Variierung der Stromstärke findet durch Verlängerung bezw. Verkürzung des aus einem

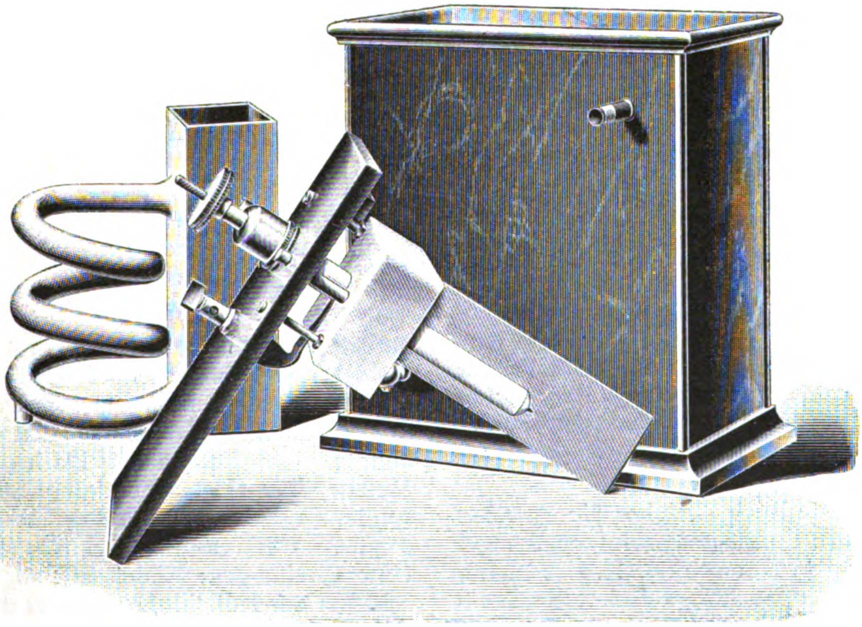


Fig. 11.

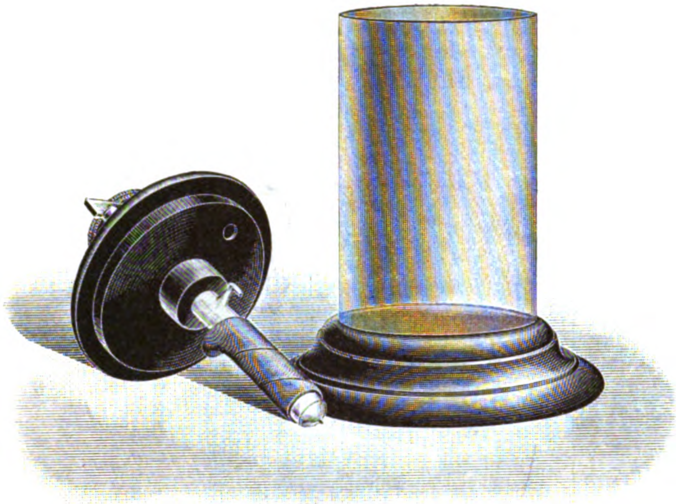


Fig. 13.

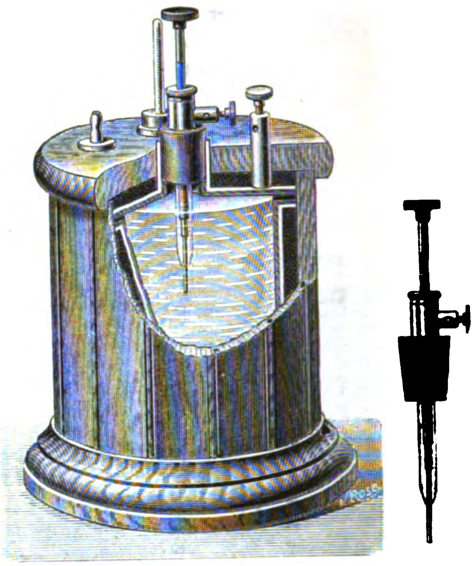


Fig. 14.

Porzellanrohr heraus in die Schwefelsäure eintauchenden Platinstiftes statt.

Bei dem Modell von Carpentier (Fig. 14) für niedrige Spannungen wird die Erwärmung des Elektrolyten begünstigt, indem das den Unterbrecher enthaltende Bleigefäss zur Vermeidung der Abkühlung des Elektrolyten von einer Holz- und Filzhülle umgeben wird.

Während bei den Wehnelt-Unterbrechern der Unterbrechungsvorgang unmittelbar an der Anode stattfindet, geschieht dies bei den Simon-Unterbrechern an einer beliebigen Stelle zwischen den beiden Elektroden in einem Diaphragma aus isolierendem Material.

Der Simon-Unterbrecher in der Siemens & Halskeschen Ausführungsform besteht in der Hauptsache aus zwei Bleielektroden, die durch ein cylindrisch-kugelförmiges Porzellan-Diaphragma getrennt sind. Das Diaphragma besitzt am Boden ein oder mehrere Löcher, je nach der Betriebsstromstärke. Die ganze Anordnung befindet sich in einem Glasgefäss mit verdünnter Schwefelsäure.

Es wird ein kleines und ein grösseres Modell fabriziert, welch letzteres für Dauerbetrieb auch ohne besondere Kühlvorrichtung geeignet ist (vgl. diese Zeitschrift **2**, 445, 1901, Fig. 1).

Der Simon-Unterbrecher ist konstruktiv entschieden viel einfacher als der Wehnelt-Unterbrecher und hat sich besonders für hohe Betriebsspannungen (von 110 Volt aufwärts) gut bewährt. Er besitzt den Vorzug, dass sein Betrieb keinen Platinverbrauch notwendig macht und von der Stromrichtung völlig unabhängig ist.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 16. März 1901.)

BESPRECHUNGEN.

Georg Bredig, Anorganische Fermente. Darstellung kolloidaler Metalle auf elektrischem Wege und Untersuchung ihrer katalytischen Eigenschaften. Kontakt-chemische Studie. (Leipzig, W. Engelmann 1901. 99 S. mit 6 Fig. M. 3.—.)

Das vorliegende Buch, welches die Arbeiten des Verfassers und Auszüge aus Untersuchungen von R. Müller von Berneck[1]), K. Ikeda und W. Reinders über die anorganischen Fermente enthält, zerfällt in zwei Hauptteile, nämlich A. die Darstellung kolloidaler Lösungen durch elektrische Zerstäubung und ihre Eigenschaften, und B. die fermentähnlichen katalytischen Wirkungen des kolloidalen Platins und anderer Metalle, ihre Gesetze und ihre Lähmungen, besonders bei der Katalyse des Wasserstoffsuperoxyds. Der erste Abschnitt zerfällt in drei Unterabteilungen: Einleitung; allgemeine Eigenschaften der Kolloide, besonders der Sole; neue, elektrische Darstellungen kolloidaler Lösungen und der zweite in die folgenden Teile: Ein-

1) Vgl. diese Zeitschr. 1, 259, 1900.

leitung, die chemische Dynamik des Wasserstoffsuperoxyds, die Vergiftungserscheinungen bei den kolloidalen anorganischen Katalysatoren wie bei den Fermenten. Der Schluss besteht aus einer kritischen Besprechung der bisherigen Erklärungsversuche der Katalyse.

Von den Kolloiden und Krystalloiden sagt schon Graham, welcher zuerst den Unterschied zwischen diesen beiden grossen Klassen aufgestellt hat: „Sie erscheinen wie verschiedene Welten der Materie und geben Anlass zu einer entsprechenden Einteilung der Chemie. Der Unterschied zwischen diesen beiden Arten von Materie ist der, welcher zwischen dem Material eines Minerals und dem einer organisierten Masse besteht." In der That sind die Unterschiede zwischen diesen beiden Klassen ausserordentlich scharf; soweit sie zum Verständnis der in dieser Arbeit zu behandelnden Erscheinungen nötig sind, sollen sie hier zunächst kurz vorgeführt werden.

a) Diffusion. Als erstes Charakteristikum der Kolloide gilt ihre Eigenschaft, in wässeriger Lösung im Vergleich zu den Krystalloiden nur sehr langsam zu diffundieren.

b) Arbeit bei der Entfernung des Lösungsmittels. Ein viel schärferes Kennzeichen der kolloidalen Gemische ist die Thatsache, dass die Arbeit, welche nötig ist, um ihre Komponenten, also „Lösungsmittel" und „Gelöstes", voneinander zu trennen, einen im Vergleich zu Krystalloidlösungen auffallend kleinen Betrag hat. Da wir in dem osmotischen Drucke, der relativen Dampfdruckerniedrigung und der Gefrierpunkterniedrigung ein direktes Mass für diese Arbeit haben, so lässt sich letztere bequem bestimmen.

Aus den mit Hilfe der obengenannten Methoden ausgeführten Messungen, welche durchweg die Thatsache bestätigten, dass die Trennungsarbeit solcher kolloidaler Gemische auffallend klein ist, lassen sich zweierlei Schlüsse ziehen:

1. entweder haben die Kolloide in der betreffenden Lösung ein abnorm hohes Molekulargewicht, welches zwischen 1000—50000 des normalen sein muss, 2. oder wir haben in den kolloidalen Lösungen überhaupt keine Lösungen vor uns, sondern mechanische Gemische von äusserst feiner Verteilung. Dieser letztere Schluss ist bei weitem der wahrscheinlichere; die beobachtete geringe osmotische Arbeit erklärt sich dann durch Verunreinigungen, oder aus einer geringen Löslichkeit des Kolloids, oder aus der Arbeit, welche bei Entfernung des Wassers gegen die Adsorption und Benetzung an der Oberfläche der Suspension zu leisten ist.

Ganz besonders für die Auffassung der Kolloide als zweiphasige Gebilde spricht die Thatsache, dass sich sehr viele „Sole", d. h. nach Graham flüssige Kolloide, die eine Inhomogenität direkt nicht erkennen lassen, in vieler Beziehung ebenso verhalten, wie Suspensionen, welche man künstlich hergestellt hat:

c) Elektrische Wanderung: Ebenso wie die Suspensionen feiner Teilchen in Flüssigkeiten im Potentialgefälle wandern, ebenso verhalten sich die „gelösten" Kolloide von Schwefelarsen, Magdalarot, Stärke, Gold, Platin u. s. w.

d) Koagulation. Ebenso wie Suspensionen durch Elektrolyte zur Flockung (Koagulation) gebracht werden, ebenso verhalten sich die „gelösten" Kolloide.

e) Die Adsorption: Das koagulierend wirkende Ion geht in den Niederschlag mit ein, während das andere in Lösung bleibt. Natürlich muss dann hierbei eine gleichzeitige, hydrolytische Spaltung der Salze in die adsorbierte Base und die gelöst bleibende Säure stattgefunden haben. Hiermit in Zusammenhang steht, dass Suspensionen und kolloidale Niederschläge ganz erhebliche Mengen von gelösten Stoffen, besonders auch von Salzen, Säuren und Basen mit niederreissen.

f) Irreversible Zustandsänderungen und Hysteresis: Eine sehr häufig auftretende Eigenschaft der Kolloide und besonders der Sole ist es, sich allmählich von selbst und sehr langsam in stabilere Zustände zu begeben. Während die Eigenschaften einer Krystalloidlösung z. B. von Salzsäure bei gegebener Konzentration und Temperatur und bei gegebenem Drucke stets dieselben bleiben, ändern z. B. manche Sole von Gold, Kieselsäure, Zinnsäure, Gelatine u. s. w. mehr oder weniger schnell ihre optischen Eigenschaften, ihre Viscosität u. s. w. Hiermit steht in Zusammenhang, dass die Kolloide eine Hysteresis zeigen, d. h. Eigenschaften besitzen, welche in deutlicher Weise von der Vorgeschichte des Kolloids, seinem Alter, seiner Vorwärmung und deren Dauer u. s. w. abhängen. Dieser Unterschied zwischen Kolloiden und Krystalloiden lässt sich auch folgendermassen ausdrücken: Bei konstanter chemischer Zusammensetzung, konstanter Temperatur und konstantem Drucke, bei welchen die meisten gewöhnlichen Krystalloidlösungen konstante Eigenschaften zeigen, ändern viele Hydrosole ihren Zustand mehr oder weniger schnell mit der Zeit, und zwar um so schneller, je höher die Temperatur ist und häufig in irreversibler Weise. Solche irreversiblen Zustandsänderungen zeigt auch die Thatsache, dass viele Kolloide, wenn sie einmal durch gewisse Zusätze oder durch Erhitzen oder Gefrieren oder Eintrocknen geronnen sind, oft nicht wieder in Sole oder Gelee sich zurückverwandeln lassen.

g) Undurchlässigkeit für andere Kolloide: Schon von Graham wurde zur Trennung der Kolloide von den Krystalloiden die That-

sache benutzt, dass ein Kolloid, wie z. B. Pergamentpapier des Dialysators, zumeist undurchlässig für ein zweites Kolloid ist.

h. Optische Inhomogenität: Es ist vielfach beobachtet worden, dass kolloidale Sole, welche im durchfallenden Licht den Eindruck eines klaren homogenen Systems machen und selbst unter den besten Mikroskopen keine heterogenen Teilchen entdecken liessen, die grösser als die sichtbaren Lichtwellen wären, sich dennoch optisch von gewöhnlichen Krystalloidlösungen durch den sogenannten Tyndall-Versuch unterscheiden. Ein kolloidales Sol von Eisenhydroxyd liess z. B. unter dem Mikroskop keine suspendierten Teilchen erkennen, zeigte aber deutlich eine diffuse Zerstreuung eines einfallenden Lichtbündels, während bei echten fluoreszierenden Krystalloidlösungen das diffus zerstreute Licht unpolarisiert ist. Die Polarisation des diffusen Lichtes ist ein Beweis dafür, dass es reflektiertes Licht ist, und dass somit das Eisenoxydsol noch Teilchen enthält, welche zwar zu klein zur mikroskopischen Sichtbarkeit sind, jedoch noch gross genug sind im Verhältnis der Grösse der Lichtwellen, um diese zu polarisieren. Da wir mit den besten Mikroskopen noch 0,14 μ erkennen können, während der Durchmesser eines Wasserstoffmoleküls nach der kinetischen Gastheorie etwa 0,00016 μ beträgt, so sehen wir, dass die durch das Tyndall-Phänomen noch entdeckten Teilchen eines Sols höchstens nur 1000 bis 10000 mal grösser als die sogenannten Molekulardimensionen sind.

Neue elektrische Darstellung kolloidaler Lösungen.

Wir beschreiben hier nur einen Versuch ausführlich, nämlich die Darstellung des Goldsols; die Darstellung der übrigen Metallkolloidlösungen ist ganz ähnlich.

An die Klemmen der Lichtleitung K (110 Volt Gleichstrom) schaltet man hintereinander (Fig. 1) das Amperemeter A, einen Regulierwiderstand

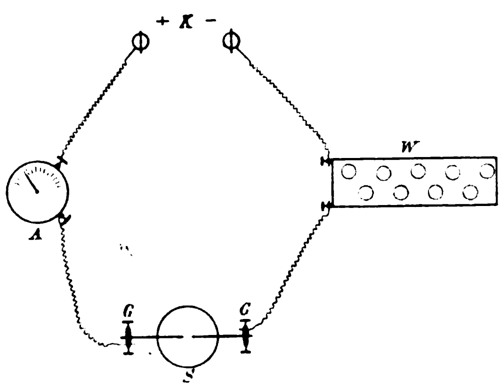


Fig. 1.

W, der bei 110 Volt Klemmspannung 4—12 Ampère giebt (Lampenbatterie oder Flüssigkeitswiderstand) und 2 Elektroden G, welche aus je einem etwa 1 mm dicken und 6—8 cm langen Golddraht bestehen. Der eine Golddraht ist durch ein enges Glasrohr r (Fig. 2) gesteckt,

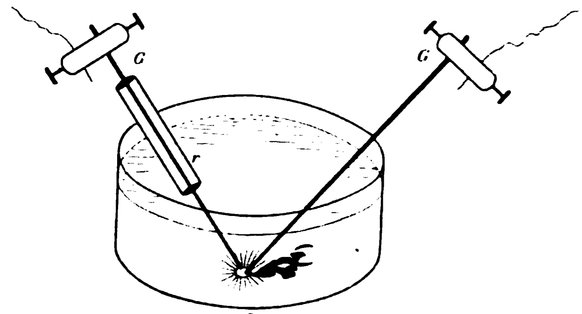


Fig. 2.

damit man die Elektroden mit den Händen isoliert anfassen kann. Der Regulierwiderstand wird so lange verstellt, bis man bei Kurzschluss und vorsichtigem Auseinanderziehen der Elektroden unter Wasser, wobei ein kleiner, etwa 1 mm langer Lichtbogen entsteht, ungefähr die gewünschte Stromstärke hat. Nunmehr schreitet man zum eigentlichen Versuch: Eine aussen mit Eis gekühlte Glasschale S von ca. 50—100 ccm Inhalt wird mit sehr reinem kohlensäurefreien destillierten Wasser von der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit $2—3 . 10^{-6}$ gefüllt. Alsdann bringt man die mit den Händen gefassten Goldelektroden bei der obigen Schaltung in die in Fig. 2 dargestellte Lage, stellt zwischen ihren Spitzen 1—2 cm unterhalb des Wasserspiegels Kurzschluss her und entfernt die Spitzen alsdann langsam voneinander um etwa 1—2 mm, wobei sich ein kleiner Lichtbogen bildet. Solange dieser Lichtbogen ruhig zischt, sieht man nun das Gold in blauen oder purpurroten dunklen Wolken aus der Kathode hervorschiessen und sich teils als Sol, teils als gröbere Teilchen in der umgebenden Flüssigkeit verbreiten. Der Bogen erlischt sehr leicht, man macht dann wieder Kurzschluss und wiederholt das Spiel von neuem unter zeitweiligem Umrühren, bis sich das Wasser in der Schale in eine tiefdunkle Flüssigkeit verwandelt hat. Zu starke Erwärmung ist zu vermeiden, auch darf der Versuch nicht zu lange fortgesetzt werden, weil sonst das Goldsol leicht koaguliert. Ausserordentlich viel besser gelingt der Versuch, wenn man dem Wasser eine Spur Alkali hinzufügt.

Die Farbe solcher sorgfältig hergestellter Sole gleicht derjenigen des Rubinglases, wie diejenige der von Faraday, Zsigmondy u. a. auf chemischem Wege hergestellten Flüssigkeiten, mit welchen sie überhaupt grosse Ähn-

lichkeit besitzen. Nur gehen diese elektrisch dargestellten Lösungen leichter in die blaue Form über. Im Mikroskop sind keine suspendierten Teilchen zu erkennen; dass wir es jedoch mit heterogenen Gemischen zu thun haben, geht daraus hervor, dass das diffus reflektierte Licht polarisiert ist. Das Goldsol ist durch Papier filtrierbar, beim Gefrieren wird das Gold unlöslich und fällt aus. Bringt man die Goldlösung in ein U-Rohr mit Elektroden, zwischen welchen eine Potentialdifferenz von 110 Volt herrscht, so sieht man das Gold sich gegen das Gefälle zur Anode begeben und dort koagulieren, wie schon Zsigmondy für seine chemisch dargestellten Goldsole beobachtete. Elektrolyte fällen das Gold aus der „Lösung", Gelatine verhindert die Fällung.

Der Verfasser hat auf ähnlichem Wege noch Platin-, Palladium-, Iridium-, Silber- und Cadmiumsol dargestellt. Da die Verfahren nichts wesentlich Neues enthalten und die Eigenschaften dieser Sole mit denen des Goldsols in allen wesentlichen Punkten identisch sind, so braucht hierauf nicht näher eingegangen zu werden.

Der zweite Teil des Buches handelt von den fermentähnlichen, katalytischen Wirkungen des kolloidalen Platins und anderer Metalle, ihren Gesetzen und Lähmungen, besonders bei der Katalyse des Wasserstoffsuperoxyds.

Unter Katalyse verstehen wir bekanntlich die Beschleunigung eines langsam verlaufenden chemischen Vorgangs durch die Gegenwart eines fremden Stoffes. Hierbei ist die Menge des Katalysators im Verhältnis zur Menge der von ihm umgewandelten Menge meist verschwindend klein und beteiligt sich derselbe scheinbar nicht an der Reaktion und ist oft nach der Reaktion anscheinend unverändert. Solche Katalysen oder Kontaktwirkungen sind äusserst zahlreich und besitzen die grösste Ähnlichkeit mit den Fermentwirkungen, wo ebenfalls nur Spuren eines Stoffes genügen, um chemische Umsetzungen im höchsten Masse zu beschleunigen. So wird z. B. die Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds in Wasser und Sauerstoffgas sowohl durch Platin, Gold, Silber, Iridium u. s. w. MnO_2, PbO_2 u. s. w., wie durch Blutfaserstoff und viele organische Fermente heftig katalysiert. Da der Verfasser mit Hilfe seiner Metalllösungen die Menge des Platins, Goldes u. s. w. dosieren und äusserst fein verteilen konnte, so konnte er diese Reaktion, das „Urbild aller Gärungen", genau quantitativ untersuchen. Platin vermag noch in einer Verdünnung von 70 Millionen Litern und Gold in einer Verdünnung von ungefähr 1 Million Litern Wasser pro 1 gr-Atom Metall die H_2O_2-Zersetzung merklich zu beschleunigen. Auch MnO_2, Co_2O_3, CuO_2, PbO_2 wirken in ähnlichen Verdünnungen. In neutraler und saurer Lösung erwies sich die Zersetzung als eine monomolekulare Reaktion, sie erfolgt also nach der Gleichung

$$H_2O_2 = H_2O + O,$$

in alkalischer Lösung treten kompliziertere Vorgänge auf.

Die Analogie zwischen Ferment- und Metallwirkung zeigt sich in einer Reihe von Erscheinungen. So wurde die charakteristische Kurve mit Maximum der Katalyse, welches bei organischen Fermentwirkungen auf H_2O_2 und für das Invertin mit Rohrzucker und Säure gefunden worden ist, auch für die Zersetzung des H_2O_2 bei steigenden Alkalimengen mit Gold und mit Platin wiedergefunden (siehe Figur 3 u. 4).

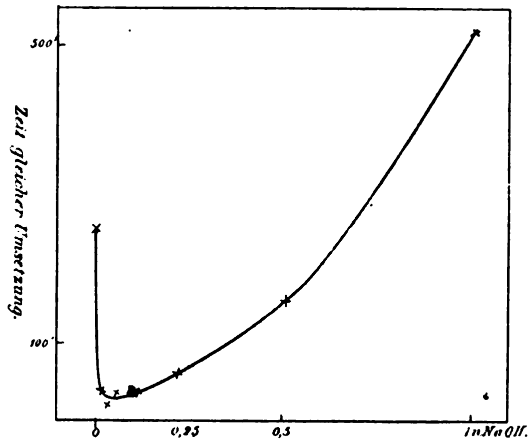


Fig. 3. Platin.

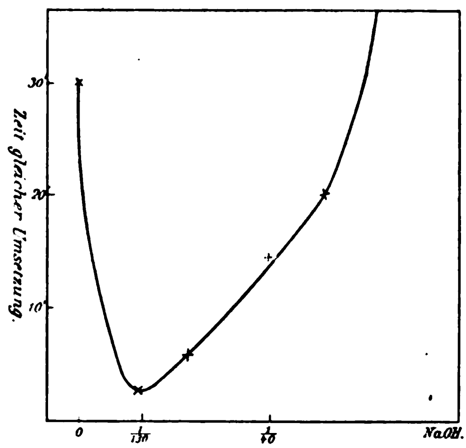


Fig. 4. Emulsin.

Die Analogie des Platinsols zu den organischen Fermenten besteht auch darin, dass es freiwillig langsam, rascher bei gewissen Zusätzen und beim Erwärmen seinen Zustand und damit seine katalytische Wirksamkeit ändert. So wird durch Elektrolyte der kolloidale Zustand und damit auch die Aktivität des Platins

beeinflusst, was ebenfalls bei Fermenten zutrifft. Ganz besonders auffallend ist aber die Analogie der Gold- und Platinsole zu den Enzymen und dem Blute bezüglich ihrer Eigenschaft, durch geringe Spuren gewisser Gifte inaktiviert zu werden. Welche Spuren genügen, um die Platinkatalyse in merklichem Grade zu lähmen, geht aus folgender kleiner Tabelle hervor. Die Lähmung war merklich

bei Zusatz von 0,0000001 gr Mol H_2S pro Lit.
„ „ „ 0,00000005 „ „ HCN „ „
„ „ „ 0,0000001 „ „ J_2 „ „
„ „ „ 0,000001 „ „ $HgCl_2$ „ „

Sehr stark lähmend wirkten auch Kohlenoxyd, Arsenwasserstoff, Schwefelkohlenstoff und zersetztes Amylnitrit, schwächer salpetrige Säure, Pyrogallol, arsenige Säure, noch schwächer Nitrobenzol, Flusssäure und Fluorammonium, nahezu gar nicht Kaliumchlorat, Schwefelsäure, Salpetersäure, Äther, Alkohol, Glyzerin, Amylalkohol u. s. w. In der Mehrzahl der Fälle ist eine Übereinstimmung in der lähmenden Wirkung obiger „Gifte“ auf die Ferment- und Blutkatalyse und die Platinkatalyse unverkennbar, doch sind auch Ausnahmen vorhanden.

Bei der Lähmung der Platinkatalyse durch $HCN, CO, P, PH_3, Na_2SO_3, NH_2 \cdot OH$ u. s. w. traten Erholungserscheinungen ein, was bei der leichten Oxydierbarkeit dieser Stoffe leicht erklärlich ist. Auch hierfür giebt es Analogien bei den Enzymen. Besonders charakteristisch benimmt sich CO, wobei noch besonders interessant die Erscheinung ist, dass von der CO-Vergiftung erholtes Platinsol viel aktiver ist als zuvor.

Die eben beschriebenen und noch eine Reihe von anderen Thatsachen deuten auf eine ausgesprochene Analogie zwischen den Kontaktwirkungen in der anorganischen Welt und den Fermentwirkungen in der organischen Welt hin. Da es sich bei den kolloidalen Katalysatoren des Verfassers um Reaktionen handelt, die an ungeheuer entwickelten Oberflächen stattfinden, so ist es durchaus wahrscheinlich, dass Ähnliches auch bei den Wirkungen der Fermente, Enzyme, Blutkörperchen und oxydierenden und katalysierenden Organgeweben vorliegt. Wir sehen also, dass der Organismus nicht nur deshalb seine ungeheuer entwickelten Oberflächen in den Geweben besitzt, weil er osmotische Vorgänge braucht, sondern auch wegen der möglichst grossen katalytischen Wirksamkeit solcher Oberflächen. Wenn also Boltzmann sagt, dass der Kampf der Lebewesen ums Dasein ein Kampf um die freie Energie sei, so ist von allen Energiearten jedenfalls die freie Energie der Oberflächen für den Organismus eine der wichtigsten.

Es fragt sich zum Schlusse noch, ob das Platin an der chemischen Reaktion sich beteiligt oder nicht. Wahrscheinlich ist dies der Fall und geben die folgenden Gleichungen wohl die zur Zeit beste Darstellung der Erscheinungen wieder:

$$y H_2O_2 + n Pt = Pt_n O + y H_2O$$
$$Pt_n O_y + y H_2O_2 = n Pt + y H_2O + y O_2.$$

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 25. April 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Mahler, G., Physikalische Formelsammlung. (Sammlung Göschen No. 136.) Mit 67 Figuren. 16. VI u. 196 S. 1901. Leipzig, G. J. Göschen'sche Verlagsbuchhandlung. Gebunden M. —80.

Parr, G. D. A., A practical electrical testing in physics and electrical engineering. gr. 8. 1901. London, 39 Paternoster Row, Longmans, Green & Co. 8 sh. 6 d.

Polstorff, Karl, Leitfaden der qualitativen Analyse und der gerichtlich-chemischen Analyse. gr. 8. IV u. 144 S. 1901 Leipzig, S. Hirzel. M. 2.—.

Rudolphi, Max, Die Molekularrefraktion fester Körper in Lösungen mit verschiedenen Lösungsmitteln. gr. 8. II u. 58 S. 1901. Ravensburg, Otto Maier. M. 1.20.

Runge, C., Praxis der Gleichungen. (Sammlung Schubert XIV.) Mit 8 Figuren. 8. IV u. 196 S. 1900. Leipzig, G. J. Göschensche Verlagshandlung. Gebunden M. 5.20.

Russner, Johannes, Elementare Experimental-Physik für höhere Lehranstalten. gr. 8. 1900. Hannover, Gebrüder Jänecke.

Erster Teil: Mechanik fester Körper. Mit 164 Abbildungen im Text. VI u. 146 S. Gebunden M. 3.60.

Zweiter Teil: Mechanik flüssiger und gasförmiger Körper. Wellenlehre. Mit 249 Abbildungen im Text. VI u. 162 S. Gebunden M. 4.—.

Vogel, E., Taschenbuch der praktischen Photographie. Ein Leitfaden für Anfänger und Fortgeschrittene. 8. u. 9. Auflage. Mit vielen Abbildungen und 7 Tafeln. 16. VIII u. 320 S. 1901. Berlin, Gustav Schmidt. Geb. M. 2.50.

Walker, James, Introduction to physical chemistry. Second edition. 8. XII u. 344 S. 1901. London, Macmillan & Co. Gebunden 10 sh.

Weinschenk, Ernst, Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskops. gr. 8. VI u. 124 S. 1901. Freiburg i. Br., Herdersche Verlagshandlung. M. 3.—.

Zacharias, Johs., Elektrische Verbrauchsmesser der Neuzeit für den praktischen Gebrauch dargestellt. Mit 194 Abbildungen im Text und zahlreichen Tabellen. gr. 8. XII u. 352 S. 1901. Halle a./S., Wilh. Knapp. M. 15.—.

Personalien.

Der Berliner Stadtelektriker Dr. Kallmann hat sich mit Genehmigung des Magistrats als Privatdozent an der königlichen Technischen Hochschule zu Charlottenburg habilitiert. Sein Lehrgebiet betrifft besonders die Betriebstechnik elektrischer Centralen, Verwaltung von Licht und Bahnbetrieben, die Errichtung elektrischer Sicherheitsanlagen u. s. w. Der Eintrittsvortrag behandelt: „Massnahmen zum störungsfreien Betrieb städtischer Licht- und Bahnkabelnetze.“

Der ausserordentliche Professor der Astronomie und höheren Geodäsie an der Universität in Graz Dr. J. v. Hepperger ist zum ordentlichen Professor der Astronomie an der Universität in Wien ernannt worden.

Geh. Rat Professor Dr. Landolt an der Universität Berlin hat infolge einer Erkrankung die Abhaltung der Vorlesung über anorganische Experimentalchemie dem Professor Dr. Marckwald übertragen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 35. 1. Juni 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die induzierte Radio-Aktivität und die durch das Radium aktivierten Gase.

Von P. Curie und A. Debierne.[1])

In einer vorangehenden Mitteilung[2]) haben wir festgestellt, dass die induzierte Radio-Aktivität nicht durch die direkte Strahlung der Radiumsalze hervorgerufen wird, sondern sich schichtweise durch die Luft von dem Radiumsalz bis zu den aktivierten Körpern fortpflanzt. Wir haben versucht, die Bedeutung der Gase bei dieser Erscheinung genauer festzustellen; die neuen Resultate, die wir erhalten haben, sind folgende:

Die aktive Substanz befindet sich in einem kleinen offenen Gefässe und wird mit dem zu aktivierenden Körper (z. B. einem Kupferblech) in eine verschlossene Röhre gebracht, die mit Luft unter atmosphärischem Drucke gefüllt ist. Der Körper wird nach und nach aktiv und erreicht schliesslich einen Grenzwert, der immer für die gleiche radio-aktive Substanz derselbe ist. Wenn man bei diesem Versuche die Luft durch Wasserstoff ersetzt, beobachtet man denselben Grenzwert. Dieses Experiment kann man auch mit Luft von vermindertem Drucke wiederholen; wir haben festgestellt, dass bei einem ziemlich niedrigen Druck (1 cm Quecksilbersäule) der Grenzwert noch derselbe bleibt. Folglich haben Menge und Natur des Gases keinen Einfluss auf die induzierte Aktivität.

Dieses Resultat ändert sich, wenn man an Stelle eines teilweisen Vakuums in der Röhre, ein sehr hohes Vakuum herstellt (Druck, am Manometer gemessen kleiner als $^1/_{1000}$ mm) und dieses während der ganzen Dauer des Versuchs unterhält, indem man die Quecksilberluftpumpe beständig gehen lässt. Unter diesen Bedingungen wird der Körper nicht aktiv; mehr noch: war er bereits aktiviert, so verschwindet seine Aktivität. Die induzierte Radio-Aktivität teilt sich also nicht mit, wenn aller Druck im Apparat entfernt ist.

Wenn man den Apparat, nachdem eine vollkommene Luftleere erzielt ist, von der Luftpumpe abschliesst, konstatiert man nach einiger Zeit, dass das Kupferblech ebenso stark aktiv geworden ist, als ob es sich in der Luft befände. Zur gleichen Zeit jedoch, wo das Plättchen aktiv wird, lösen sich okkludierte Gase von der aktiven Substanz und rufen in der Röhre einen schwachen Druck hervor, dessen Grösse je nach der angewandten Substanz variiert. Man kann die okkludierten Gase, deren Auftreten mit dem der induzierten Radio-Aktivität zeitlich übereinstimmt, sammeln. Zu diesem Zwecke stellt man zuerst ein möglichst hohes Vakuum über der radio-aktiven Substanz her; dann erwärmt man diese und extrahiert die befreiten Gase mit Hilfe der Quecksilberluftpumpe. Gleichzeitig prüft man mittels einer kleinen an dem Apparate angebrachten Geisslerschen Röhre das Spektrum dieser Gase. Wir haben in diesem Spektrum keine neue Linie gefunden. Gewöhnlich überwiegt das Spektrum der Kohlenstoffverbindungen, man bemerkt auch die Linien des Wasserstoffes, des Stickstoffes und die des Quecksilberdampfes, der von der Luftpumpe herstammt.

Das Volumen der gesammelten Gase ist klein, doch trotz ihrer kleinen Menge sind sie stark radio-aktiv. Durch die Glaswände des Röhrchens hindurch wirken sie augenblicklich auf eine photographische, in schwarzes Papier gehüllte Platte und entladen sehr schnell elektrisierte Körper. Ihre Aktivität ist so gross, dass sie die Fluoreszenz der Glaswände des Röhrchens bewirken, das dadurch im Dunklen leuchtet. Das Glas wird schnell schwarz, so, als ob es den Strahlen der stärksten radioaktiven Körper ausgesetzt sei. Die Aktivität des aktivierten Gases verringert sich beständig, doch äusserst langsam: Gas, das zehn Tage vorher gesammelt wurde, ist noch immer stark aktiv.

1) Aus C. R. **132**, 768, 1901.
2) Diese Zeitschrift **2**, 500, 1901.

Die Luft des Laboratoriums, in dem wir seit mehreren Jahren arbeiten, ist allmählich immer mehr zum Leiter geworden; es ist uns nicht mehr möglich, einen Apparat gut zu isolieren, und andere als grobe Messungen am Elektrometer zu machen. Dieser bedauerliche Zustand scheint uns nicht durch die direkte Strahlung der radio-aktiven im Laboratorium zerstreuten Stäubchen erklärlich; er ist wahrscheinlich durch die beständige Bildung radioaktiver Gase verschuldet, die den eben besprochenen analog sind[1]).

Durch Erhitzen wasserhaltigen Baryumchlorürs im Vakuum erhielten wir eine gewisse Menge destillierten Wassers, das in einem Gefässe aufgefangen wurde. Das Wasser erwies sich als radio-aktiv; verdampft, hinterliess dieses Wasser keinerlei radio-aktiven Rückstand; wenn man es in versiegelten Röhrchen bewahrt, so verschwindet seine Aktivität nur langsam.

Wir glauben, noch nicht den Mechanismus der Verbreitung der induzierten Radio-Aktivität aufgeklärt zu haben. Man könnte allerdings vermuten, dass gewöhnliche, in der Luft enthaltene Gase im Kontakt mit der radio-aktiven Substanz aktiv werden, und durch Diffusion zu den anderen Körpern hingelangen, denen sie durch direkte Berührung ihre Aktivität mitteilen; aber viele Erscheinungen sind mit dieser Anschauungsweise noch nicht erklärt. Thatsächlich ist ja der Grenzwert unabhängig von dem Druck und der Natur des Gases; ausserdem scheint die Verbreitung der Aktivität durch Kapillarröhrchen viel zu schnell, um durch einfache Diffusion der Gase hervorgebracht worden zu sein.

1) So kommt es, dass die eingeschlossene Luft in jeder geschlossenen Schachtel, die sich im Laboratorium befindet, schliesslich stark leitend wird; ihre Leitfähigkeit ist viel grösser als die der Luft des Zimmers. Es genügt, die Schachtel zu öffnen, um diese Leitfähigkeit zu verringern.

(Aus dem Französischen übersetzt von Frieda Kaufmann.)

(Eingegangen 6. Mai 1901.)

Beobachtungen über den Einfluss des Zustandes der Oberflächen auf die Entladung elektrisierter Metalle durch Flammengase.

Von K. v. Wesendonk.

I. Bei Gelegenheit einer kurzen Veröffentlichung[1]) über die Zerstörung des elektrischen Leitvermögens der Flammengase durch rauchende Flüssigkeiten, hatte Verf. bemerkt, dass nach wiederholten Erfahrungen cet. par. die Fähigkeit der Verbrennungsprodukte, elektrische Ladungen hinwegzuführen in nicht unerheblichem Maasse von dem Zustande der Oberfläche der zu entladenden Metallkörper abhängig zu sein scheine. Da nun die in neuerer Zeit so beliebten Untersuchungen sog. aktivierter oder wie es meistens heisst „ionisierter" Gase sehr oft mittels elektrisierter Metallsonden, die mit geeigneten Messinstrumenten in Verbindung stehen, geschieht, so erschien es wohl mit Recht nicht ohne Interesse, etwas der Frage nachzugehen, wieweit auf solche Weise erhaltene Angaben etwa abhängig sind von den Zuständen der Oberflächen und der Natur des betreffenden Metalles. Kann ja doch der wirkliche Zustand des aktivierten Gases durch solche Einflüsse mehr oder minder maskiert werden.

1) Naturw. Rundsch. **15**, 261, 1900.

Schon bei früheren Versuchen[1]) war Verf. aufgefallen, dass bei anscheinend ganz den gleichen Umständen die Entladefähigkeit der Flammengase sich recht merklich verschieden ergab, ohne dass dabei ein entsprechender Defekt in den benutzten Apparaten, eine Kapazitätsänderung oder ein Elektrizität entziehendes Hindernis in der Strombahn nachzuweisen gewesen wäre. Zugleich sei noch bemerkt, dass mittels eines Wassermanometers bei den Versuchen des vergangenen Winters mit Bestimmtheit nachzuweisen war, wie die scheinbaren Änderungen der Leitfähigkeit der Flammengase eintraten, unabhängig von etwaigen Schwankungen des Druckes, des Leuchtgases, dessen Verbrennungsprodukte untersucht wurden, auch kleine Variationen der Stellung des Gashahnes waren ohne merklichen Einfluss. Hier möge auch noch gleich festgesetzt werden, den Zustand des Metallkörpers, bei welchem er nur wenig geeignet ist, in die aktivierten Gase Elektrizität zu entladen, als einen ermüdeten zu bezeichnen, denjenigen aber, bei dem die Entladung relativ schnell von statten geht, als den wirksamen.

Bei den Untersuchungen über den Einfluss rauchender Flüssigkeiten zeigte sich nun ein derartiges, wenn man so sagen darf, unmotiviertes Verhalten wiederholt, sowohl zu Anfang, als über die Entladefähigkeit der Flammengase unter den gegebenen Umständen lediglich vorbereitende Versuche angestellt wurden, wie auch späterhin bei Beobachtungen über die Einwirkung der Dämpfe und Nebel, und zwar unabhängig von dem Vorzeichen der Elektrizität. So nahm die Divergenz[2]) der Aluminium-

1) Wied. Ann. **66**, 121—135, 1898.

2) Für das zu den vorliegenden Versuchen verwendete Exnersche Elektrometer wurden durch Vergleich mit einem in Wien geaichten solchen Instrumente folgende Angaben e-

blättchen statt wie in der Regel um 14—16 mm zu Zeiten nur um 8—11 mm ab, nach Einwirkung von Salmiaknebeln sogar nur um 3—6 mm. Da bei diesen Untersuchungen eine geladene Messingplatte[1]) als Sonde diente, so lag es nahe, weil eben diese von den scharfen Dünsten chemisch angegriffen wurde, die Bildung einer schlecht leitenden Oberflächenschicht anzunehmen und für den genannten Effekt verantwortlich zu machen. Indessen zeigten sich solch stark angefressene Platten zumeist durchaus nicht als ermüdet, ja man versuchte sogar, des Öfteren mit gutem Erfolg, durch Einwirkung der scharfen Exhalationen die Ermüdung der Platte wieder aufzuheben. So stieg z. B. die Divergenzabnahme durch derartige Behandlung von höchstens 11 mm bis auf 13—14 mm. Am sichersten gelang es, die Wirksamkeit wieder herzustellen oder doch erheblich zu erhöhen, indem man die Platte dem ungetrockneten (nur gekühlten) Strome der Flammengase eine geeignete Zeit lang aussetzte, die Divergenzabnahme erhöhte sich so z. B. von 8—9 mm auf 13—14 mm. Solche Beobachtungen gaben zu der Vermutung Veranlassung, dass ein Überzug von Feuchtigkeit resp. Beimischung solcher zu den aktivierten Gasen von erheblicher Bedeutung sei für die Wirksamkeit. Bei den bekannten elektrolytischen Eigenschaften des Wassers, hat eine solche Annahme gewiss nichts allzusehr Befremdendes. Nachdem einige bereits früher angestellte gelegentliche Versuche bei denen man die Flammengase angewärmtes Wasser passieren liess wegen Schädigung der Isolation zu keinem Resultate geführt hatten, wurden im Spätherbste 1900 einige weitere Beobachtungen speziell zur Aufklärung der betreffenden Sachlage vorgenommen. Man liess durch 150 cm lange mit Bimssteinstückchen lose an gefüllten Glasröhren, die sich einmal in trockenem Zustande befanden, anderenteils mit Wasser oder Schwefelsäure befeuchtet waren, die Flammengase strömen, bevor sie die geladene Metallplatte trafen. Der Apparat, welcher bei diesen und den weiter zu erwähnenden Beobachtungen zur Verwendung kam, war im ganzen dem ähnlich, welcher zu den in Wied. Ann. **66**, 123 beschriebenen Untersuchungen gedient hatte, natürlich mutatis mutandis. Die Verbrennungsprodukte wurden stets in Eis gekühlt wie damals, die zu entladende Metallplatte befand sich in einem dem dort Rezeptor genannten Apparate ganz ähnlichen gläsernen Behältnis, nur war meist unterhalb des Ausflussrohres (l. c. mit mm bezeichnet) dasselbe durch einen Schliff in zwei Teile geteilt, die man je nach Belieben auseinandernehmen und wieder zusammensetzen konnte. So war es leicht möglich die als elektrische Sonde dienende Platte je nach Bedürfnis abzuwischen, abzubeizen, anzufeuchten, mit Smirgelpapier abzureiben u. s. w., ebenso aber auch eine andere Platte aus demselben oder einem verschiedenen Metalle auf den Träger (früher mit pp bezeichnet) aufzuschrauben, dessen Isolierung auch wieder durch Paraffin geschah. Mit Hilfe der feuchten und mit Schwefelsäure beschickten Röhren liess sich nun der ganze Apparat in den Zustand hoher Trockenheit resp. Feuchtigkeit bringen, und zwar gelang dies wiederholt ohne wesentliche Beeinträchtigung der Isolation. Schon bei den Versuchen vor Weihnachten 1900 zeigte sich hierbei deutlich, dass die hygrometrischen Verhältnisse jedenfalls nicht in erster Linie den entscheidenden Faktor abgeben, Flammengase relativ sehr trocken wie sehr feucht lieferten z. B. immer wieder (bei Verwendung desselben Rezeptors und der gleichen Zinkplatte darin) etwa 12 mm Abnahme des Ausschlages der Aluminiumblättchen. Ebenso zeigte sich bei späteren in verschiedener Weise variierten Versuchen immer wieder, dass Ermüdung, wie gute Wirksamkeit auftreten können sowohl bei angefeuchtetem, wie stark ausgetrocknetem Zustande speziell der Metallplatte selbst, wie der ganzen Atmosphäre innerhalb des verwendeten Apparatsystemes. Während man bei sehr starker Austrocknung leicht Abnahmen von 13—14 mm erhält, finden sich bei Platten, die lange feuchten Dünsten exponiert waren, statt dessen nur Werte von 8—10 mm, und selbst nur 5—7 mm, ja sogar bei sehr feuchten Flammengasen treten Angaben von nur 3 mm Verkleinerung der Divergenz am Elektrometer auf. Beim Passieren durch Wasser verloren die Verbrennungsprodukte zum Teil ihre Leitfähigkeit, wie das auch schon früher beobachtet worden, andere Male wurde diese dabei kaum beeinflusst. Damit soll indessen nicht gesagt sein, dass Wasser gar keinen fördernden Einfluss[1]) auszuüben vermögen, nur scheint derselbe recht verwickelter Natur zu sein. Späterhin erschien dann auch als von grosser Bedeutung für deren Wirksamkeit der Umstand, dass Wasser, auf die Oberfläche der Metallsonde gebracht sich gleichmässig darauf auszubreiten vermöge, das ist, wie bekannt, wohl infolge der vorhergegangenen Behandlung der Metalle, sehr häufig

mittelt. 24 mm Divergenz (die Anfangsladung bei allen hier in Betracht kommenden Messungen) entspricht 239,1 Volt 20 mm = 206 Volt, 16 mm = 177,5 Volt, 12 mm = 148 Volt und 8 mm = 111,5 Volt.

1) Man sehe die Bemerkungen weiter unten.

1) Ermüdete, mit Dampf direkt angefeuchtete Platten schienen eine ganz kurze Zeit lang im Anfang eine schnelle Entladung zu zeigen, doch hörte das bald auf, sobald die Flammengase etwas eingewirkt.

nicht der Fall, es tritt vielmehr sofort Zusammenziehen zu Tropfen, je nach Umständen von verschiedener Grösse und Zahl, ein. Wenn man dann die Oberfläche mit nicht zu feinem Smirgelpapier stark abreibt, oder auch dieselbe abfeilt, auch der Einwirkung von heisser Sodalösung aussetzt, so erreicht man hierdurch leicht die gleichmässige Verteilung von Wasser auf der betreffenden Metallfläche, und damit verliert sich dann auch häufig die Ermüdung der Sonde recht vollständig, doch hilft das Mittel durchaus nicht unfehlbar. Es kann passieren, dass auch sehr starke Angriffe auf die Metalloberfläche nicht hinreichen, um wenigstens starke Wirksamkeit zu erzielen. Abnahmen von 9—10 mm werden dann nur selten überschritten, während allerdings kleine Werte bis 5 mm nicht häufig sein dürften bei so behandelten Platten. Ein Anlaufen der Oberfläche, etwa durch direktes starkes Erhitzen mit einem Bunsenbrenner, ein Überzug, wie er sich beim Behandeln mit heisser Sodalösung bildet, schadet durchaus nicht so viel, wie man vielleicht von vornherein annehmen möchte, solche Platten können vielmehr recht wirksam sein. Bei der Adsorptionsfähigkeit die fein verteilter Kohle eigen ist, konnte man mit einigem Recht vermuten, sie sei gut geeignet, die aktiven Teilchen des Gasstromes festzuhalten. Solches konnte aber nicht konstatiert werden nach Berussen der Platte mittels der leuchtenden Bunsenflamme. Wiederholt half, wie schon früher konstatiert worden, gegen Ermüdung, wenn man die Platte eine Zeit lang dem Strome der ungetrockneten Flammengase aussetzte; die grössten Abnahmen des Ausschlages, nämlich 16—18 mm eine längere Zeit hindurch, wurden erhalten mit solchen nur gegekühlten (keine Flüssigkeiten u. s. w. passierenden) Verbrennungsprodukten und einer gut abgesmirgelten Zinkplatte, doch schien die Wirksamkeit mit der Zeit ein wenig abzunehmen. Indessen hilft auch dieses Mittel durchaus nicht immer, sogar eine ausgesprochene Verminderung der Entladung kann eintreten, als ob hierbei zweierlei einander entgegenwirkende Einflüsse sich bethätigten, von denen bald der eine, bald der andere die Oberhand gewinnt. Fast gar nicht half Behandeln mit Petroläther und verdünnter Schwefelsäure gegen Ermüdung. Bei einem Überzug mit hygroskopischen Substanzen (*ClMg*, *ClCa*) konnte die Entladung sehr gut von statten gehen, aber auch wenn direktes Zerfliessen der betreffenden Stoffe anzeigte, dass sie in nahe Berührung mit den Flammengasen gerieten, war es doch bisweilen nicht möglich, mehr als mittlere Abnahme der Divergenz zu erzielen. Gar keinen Erfolg hatte man damit, dass ungekühlte nur ein längeres Metallrohr durchströmende Flammengase direkt gegen eine Metallplatte fliessen gelassen wurden, auf denen sie dabei einen Beschlag von Wasser noch ausser ihrer erwarteten Wirkung hervorriefen. Demgegenüber ist es merkwürdig, zu konstatieren, dass eine Zinkplatte in dem Zustande, wie sie von dem Mechaniker einige Wochen zuvor abgeliefert worden, auf deren Oberfläche sich Wasser nicht gleichmässig auszubreiten vermochte, und die man mit der Hand anfasste, dennoch zu Zeiten recht wirksam (nämlich 12—14 mm Abnahme) erschien. Allerdings trat bald Ermüdung ein. Platin, trotz seinen bekannten katalytischen und sonstigen besonderen Eigenschaften, erwies sich ganz und gar nicht als hervorragend wirksam. Um gleichmässige Ausbreitung von Wasser auf seiner Oberfläche zu erlangen, wurde zum Ausglühen gegriffen, aber auch dann erhielt man nicht mehr als mittlere Resultate, nämlich um 8 mm herum Abnahme, selten mehr, öfters auch weniger. Der Verlauf der Erscheinung bei ermüdeten Platten war nun fast durchweg der, dass zu Anfang, d. h. bei relativ hoher Spannung, verhältnismässig ganz schnelle Abnahme des Ausschlages beobachtet wurde, aber dann trat ein sehr langsames Sinken der Ladung ein, oft sogar fast eine völlige Konstanz derselben, als ob das vorhandene Potential nicht mehr hinreichte, um den Übergang der Elektrizität von der Platte in das Gas zu bewirken. War aber das Metall nicht ermüdet, oder gelang es dies durch eine der oben erwähnten Prozeduren zu erreichen, so fielen die Aluminiumblättchen ziemlich gleichmässig zusammen.[1]) Man kann also bei dem gleichen Zustande des Gases und derselben Höhe der Ladung auf der Sonde oft scheinbar recht verschiedene Leitfähigkeiten für die aktivierten Gase erhalten. Lässt man den Aspirator schneller ausfliessen, also die Flammengase in kürzerer Zeit, aber gleicher Menge, durch den Rezeptor strömen, so wird die Entladung in allen Fällen vermehrt, aber es kann vorkommen, dass mit einer ermüdeten Platte, z. B. bei einer Ausflusszeit von 2 Min. 15 Sek. nur ebensoviel oder selbst weniger Abnahme der Divergenz erhalten wird, als mit einer wirksamen Platte bei drei Minuten Dauer für die Entleerung des Aspirators. Erwähnt sei auch noch, dass der Einfluss nichtrauchender Flüssigkeiten, welche die Flammengase zu passieren haben, auf deren Leitfähigkeit je nach Umständen sehr verschieden sein kann. Man kann beobachten, wie die

1) Wenn die drei Minuten des zur eigentlichen Beobachtung dienenden Ausflusses vorüber waren, fand noch ein weiteres geringes Auslaufen aus dem Aspirator und ein langsames Nachströmen von Flammengasen statt. Das ergab noch eine kleine Abnahme der Divergenz, die sog. Nachwirkung, auch diese war bei gut wirksamen Platten noch recht merklich (1 mm Abnahme selten bis 2 mm), sonst oft kaum vorhanden.

Verbrennungsprodukte ungetrocknet u. s. w., nur gekühlt eine Abnahme von 14—15 mm ergeben, durch Schwefelsäure hindurchperlend cet. par. aber 16 mm, andere Male gehen aber die betreffenden Werte von 14 mm auf 8 mm zurück.

Was verhindert nun, in Fällen, wie den genannten, dass der aktive Zustand des Gases nicht voll zur Geltung kommt, so fragt man sich wohl unwillkürlich bei den vorliegenden Beobachtungsthatsachen. Alles scheint darauf hinzuweisen, dass es bislang nicht näher zu definierende Änderungen der Oberfläche sind, die hier eine verhältnismässig grosse Rolle spielen. Vielleicht ist eine gewisse Analogie vorhanden mit einem Verhalten, auf welches Buisson[1]) aufmerksam machte, wonach die Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte sonst nicht nachweisbare Veränderungen der Oberfläche hervorruft, welche die Zerstreuung der negativen Elektrizität erheblich verlangsamen.

Vielleicht handelt es sich in unserem Falle um eine Art Strahlung,[2]) die von den Flammengasen ausgeht und auf die geladenen Oberflächen je nach minimalen Änderungen derselben recht verschieden einwirkt. Wie empfindlich schon bei blosser Annäherung an andere Körper Metalloberflächen sind, das geht ja wohl zur Genüge aus Pellats bekannten Versuchen über Kontaktelektrizität hervor, hierher gehört auch die beobachtete Bildung von Legierungen ohne direkte Berührung. Die verwandten Versuche Russels erklären sich bekanntlich durch Wirkungen von Wasserstoffsuperoxyd, es lag nahe, auch bei den vorliegenden Phänomenen den Einfluss von H_2O_2 zu vermuten. Wie jedoch mehrfache Experimente mit käuflicher Lösung dargethan, ist ein irgend belangreicher Einfluss genannter Substanz weder beim Durchströmen seitens der Flammengase, noch beim Bestreichen der Metallplatte damit in Erscheinung getreten. Erinnert möge noch schliesslich daran werden, dass auch bei hohen Potentialen die Entladung durch minimale Änderungen der Oberfläche erheblich beeinflusst werden kann[3]), und dass solche auch bei den Kohärerphänomenen vielleicht von Bedeutung sind. Sicherlich erscheinen die hier dargelegten Phänomene des weiteren Verfolgens und der näheren Aufklärung wert, mit dem Vorliegenden sollte nur auf sie hingewiesen werden.

1) C. R. **130**, 1298, 1900.

2) Es ist Verf. allerdings nicht bekannt, dass bis jetzt bei Flammengasen irgend etwas wie eine Röntgenstrahlung, die Substanzen wie Glas, Metall, Papier u. s. w., resp. Flüssigkeiten zu durchdringen vermag, nachgewiesen worden wäre, weder durch elektrische Versuche noch durch solche mit der photographischen Platte u. s. w. Villard indessen hat, C. R. **130**, 125—127, 1900, den Gedanken ausgesprochen, die Flammen und glühenden Körper sendeten Kathodenstrahlen aus.

3) Man sehe z. B. Wesendonk, Wied. Ann. **65**, 122, 1898.

II. In betreff der Versuche über rauchende Flüssigkeiten seien Verf. noch folgende Bemerkungen gestattet.

Es wäre bei diesen Beobachtungen vielleicht am geeignetsten gewesen, eine vergoldete Metallplatte als elektrische Sonde zu verwenden, da sie von den dort erforschten scharfen Dünsten chemisch nicht angegriffen worden wäre, Platin aber seiner besonderen Eigenschaften wegen, wenigstens ohne vergleichende Versuche von vornherein eventuell nicht ratsam erschien. Die bei den vorläufigen Versuchen gebrauchte Messingplatte behielt man späterhin aber bei, einmal weil sie doch im ganzen recht regelmässige Resultate lieferte. Dann aber auch setzt sich an der Sonde, besonders wenn das entstandene Gemisch von Rauch resp. Qualm und Flammengasen nicht ganz trocken, ein flüssiger Überzug an, so dass es schwer fallen würde, eine ganz reine Goldoberfläche zu behalten. Man konnte ferner auf dem eingeschlagenen Wege die bereits bekannte Thatsache bestätigen, dass trotz chemischen Angriffes auf das Metall die scharfen Dämpfe und Nebel nicht elektrisch wirksam sind[1]), ja sogar die Leitfähigkeit der Flammengase erheblich herabsetzten, beides obwohl sie sicher mit dem Metall in intimen Kontakt kamen. Man könnte sonst an die bekannte Erscheinung eines dunkeln Randes um feste in mit Rauch erfüllten Räumen befindliche Körper denken, indem hierdurch vielleicht eine direkte Berührung zwischen Nebel resp. Qualm und Metall kaum stattfände. Übrigens darf man wohl die Aufhebung der Aktivität nicht so erklären, wie das bereits geschehen, dass man annimmt, an den (nachweisbar leitenden) Nebelteilchen entlüden sich zahlreiche Ionen verschiedenen Vorzeichens, so dass besagte Nebelteilchen nur noch neutral oder doch nur sehr schwach geladen erschienen. Dann könnte ja die Leitfähigkeit nicht wieder teilweise zum Vorschein kommen, wenn man den Qualm, welchen Flammengase aus rauchender Salpetersäure erzeugen, durch Schwefelsäure perlen lässt. Man muss vielmehr wohl annehmen, dass die aktiven Teilchen als solche bestehen bleiben, wenigstens grossenteils, und nur am Ladungsaustausch mit der elektrisierten Platte durch den Qualm gehindert werden. Ob es hierzu genügt, anzunehmen, die Geschwindigkeit der betreffenden aktiven Partikel resp. Ionen werde dabei vermindert, erscheint indessen fraglich, hier wo es sich doch um Gase handelt, die mit ziemlicher Heftigkeit gegen die geladene Platte getrieben werden. Wahrscheinlich dürfte

1) Unter den obwaltenden Versuchsbedingungen natürlich und der angewendeten Genauigkeit der Messungen.

ein direktes Entladungshindernis durch den Rauch oder Qualm, welcher die aktiven Teilchen überzieht, geschaffen werden. Eine andauernde Ermüdung der Metalloberfläche, die allerdings sich bei Ammoniaknebeln einstellte, ist wie gesagt, durchaus kein allgemeiner Fall. Einer näheren Erklärung bislang Schwierigkeiten zu bereiten scheint Verfasser besonders das so verschiedene Verhalten der Exhalationen der rauchenden Schwefel- und Salpetersäure; auch hier wären noch weitere Versuche sehr erwünscht.[1])

III. Von den interessanten Ergebnissen des Herrn Villari[2]) scheint mir eines bisher zu wenig Beachtung gefunden zu haben, nämlich dasjenige, welches die Zerstörung der Leitfähigkeit röntgenisierter Gase durch nur eine Elektrizität (Ladung der inneren Oberfläche einer Paraffinröhre) betrifft. Sonst beobachtet man bekanntlich, dass aktivierte Gase die Ladung eines von ihnen bestrichenen Körpers hinwegführen und dann einen neutralen Körper mit demselben Vorzeichen zu laden vermögen. Das Resultat des Herrn Villari dürfte der Erklärung durch die Ionentheorie einige Schwierigkeiten bereiten, sind es aber etwa nur leitende Partikel, die den aktivierten Gasen ihre besonderen Eigenschaften verleihen, so können diese, von der Elektrizität der Paraffinwände angezogen, an diesen hängen bleiben, und das Versuchsergebnis wird dann leichter verständlich. Auch könnten diese leitenden Partikel bei der Reibung an Metallen elektrisch werden. Man wird sich aber zur Zeit kaum zu einer solchen Annahme verstehen. Sollten es dann etwa unsichtbare „Emanationen", von den geladenen Paraffinwänden ausgehend, sein, die die Leitfähigkeit, ähnlich wie Rauch u. s. w., herabsetzen können?

Solche und noch andere Fragen erheben sich angesichts des Resultates des Herrn Villari, dessen Bestätigung und nähere Begründung gewiss von Wichtigkeit wäre.

1) Untersuchungen über die schönen Diffraktionsfarben, welche sich gelegentlich zeigten, dürften einige Angaben über die Grösse der Qualmteilchen versprechen, eventuell auch ein Verfahren, wie es in J. J. Thomsons Elektr. Entlad. beschrieben ist.

2) Vgl. diese Zeitschrift **2**, 178, 1900.

(Eingegangen 11. Mai 1901.)

Potentialmessungen im dunklen Kathodenraume.

Von A. Wehnelt.

Bei den meisten bisherigen Untersuchungen über die Verteilung des Potentiales in einem Entladungsrohre hat man stillschweigend die Annahme gemacht, dass das Potential in Ebenen, senkrecht zur Rohrachse konstant, der Potentialgradient also = 0 ist. Nur ganz gelegentlich hat C. A. Mebius[1]) darauf hingewiesen, dass die Niveauflächen an der Anode gegen dieselbe hin konkave Oberflächen sind und hat diese Anschauung auch durch Potentialmessungen bestätigt. Versuche von mir[2]) selbst an Röhren, die von scheibenförmigen Elektroden ausgefüllt waren, hatten ergeben, dass aller Wahrscheinlichkeit nach an den Wänden des Rohres sich sekundäre dunkle Räume ausbilden, durch die die Kathodenstrahlen nach der Mitte gedrängt werden. War dies richtig so mussten in der Umgegend der Kathode sehr grosse Potentialgradienten von der Achse des Rohres zur Wand vorhanden sein. Alle diejenigen Betrachtungen, die sich auf die Potentialgradienten, beziehungsweise deren Ableitungen nach den Koordinaten stützten, bedürfen dann aber auch einer neuen Untersuchung oder Berichtigung, so z. B. die Berechnung der freien Elektrizität. Dass eine solche nötig sei, zeigte ein Vorversuch, welcher ergab, dass sich zwischen zwei Sonden, von denen eine in der Achse eines cylinderischen Entladungsrohres, die andere nahe an der Wand desselben in demselben Querschnitt war, eine Potentialdifferenz zeigte, wenn die Sonden sich im dunklen Kathodenraume bei niederem Drucke befanden. So wurden die in folgendem beschriebenen Versuche angestellt, um die wahre Gestalt der Niveauflächen und die wahre Verteilung der Elektrizität innerhalb des dunklen Kathodenraumes zu ermitteln.

I. Niveauflächen an beeinflussten Kathoden.

(Anm. Unter beeinflussten Kathoden verstehe ich solche, bei denen durch die Nähe der Glaswandungen des Entladungsrohres der ganze Entladungsvorgang beeinflusst wird. Unbeeinflusste Elektroden hingegen nenne ich solche, von denen die Glaswände so weit entfernt sind, dass die freie Entwickelung der Kathodenerscheinung nicht durch sie beeinflusst wird.)

Zur Feststellung der Niveauflächen im dunklen Kathodenraume diente zuerst ein 6 cm weites und 100 cm langes Entladungsrohr (Fig. 1). Die senkrecht zur Rohrachse befindliche scheibenförmige und den ganzen Querschnitt des Entladungsrohres ausfüllende Kathode K und eine seitlich sitzende Sonde S_1 waren in der aus der Figur zu ersehenden Weise (e sind kurze Enden eines 10 mm starken Eisendrahtes) mit Hilfe eines Magneten von aussen verschiebbar.

1) C. A. Mebius, Bihang till. K. Svenska Vet.-Akad. Handlingar **24** (No. 3), 24 Seiten, 1898; Beibl. **24**, 714, 1900.

2) A. Wehnelt, Wied. Ann. **65**, 528 ff., 1898.

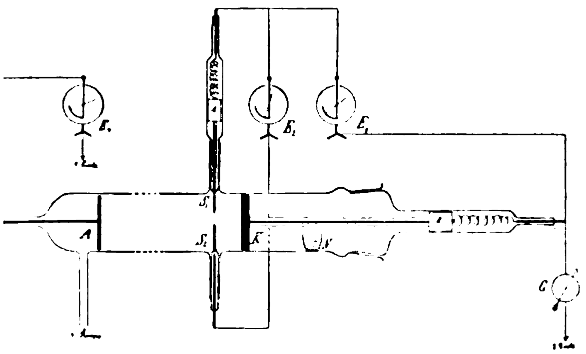


Fig. 1.

So konnte man an jeder Stelle des Raumes sowohl senkrecht als auch parallel zur Kathodenfläche die Potentialdifferenzen zwischen Sonde und Kathode messen. Die Kathode K war bei allen diesen Messungen unter Einschaltung eines Galvanometers G zur Erde abgeleitet. Bei einigen Messungen befand sich der beweglichen Sonde S_1 diametral gegenüber eine zweite Sonde S_2, welche bis in die Mitte des Entladungsrohres reichte. Die Sonden waren beide bis auf eine 4 mm lange Spitze durch ein sehr dünnes Glasrohr isoliert. Die Sonden wurden so kurz gewählt um möglichst das Potential an der betreffenden Stelle zu erhalten.[1]) Zu den Potentialmessungen dienten drei auf ihre Richtigkeit geprüfte Braunsche Elektrometer E_1, E_2 und E_3 zuweilen auch ein elektrostatisches Voltmeter der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft (Berlin) bis 10000 Volt und ein Multicellularvoltmeter bis 125 Volt von Hartmann & Braun. Das Elektrometer E_1 mass die Potentialdifferenz zwischen der beweglichen Sonde S_1 und der zur Erde abgeleiteten Kathode. Elektrometer E_2 diejenige zwischen den Sonden S_1 und S_2 und schliesslich Elektrometer E_3 das gesamte Entladungspotential des Rohres. Als Stromquelle diente eine 20 plattige Influenzmaschine oder eine Hochspannungsbatterie von 3600 Volt Spannung. Das Entladungspotential wurde durch Regulierung des Druckes konstant erhalten. Die geringfügige Zunahme des Entladungspotentiales durch Verlängerung der Entladungsbahn beim Zurückschieben der Kathode konnte ausser acht gelassen werden.

Besonders auffallend zeigte sich in diesem Rohre eine ausserordentlich starke Selbstevakuation. War das Rohr bei sehr tiefen Drucken längere Zeit benutzt worden und sollte es darauf bei höherem Drucke gebraucht werden, so stieg das Entladungspotential in kurzer Zeit wieder stark, und man musste durch Herstellung einer Verbindung mit einem Gefässe, das noch Gas von höherem Druck enthielt, nach und nach recht bedeutende Gasmengen in das Rohr einlassen, um das Entladungspotential konstant zu halten. Eine Ursache der starken Gasabsorption ist wohl in der Grösse der benutzten Kathode zu suchen. N (Fig. 1) stellt ein kleines Porzellannäpfchen mit Phosphorsäureanhydrid dar, das zur völligen Austrocknung diente, da für so grosse Räume das Trockengefäss an der Pumpe allein nicht ausreichte.

Die Ausführung der Messungen gestaltete sich folgendermassen: die Kathode wurde der Reihe nach in die verschiedenen Abstände von den Sonden gebracht. Bei jedem Abstande A der Sonden von der Kathode wurde die bewegliche Sonde von der Achse des Entladungsrohres nach dem Rande zu bewegt und für bestimmte Abstände a der Sonde S von der Mitte ($a = 0$) des Rohres die Potentialdifferenz zwischen der Sonde und der zur Erde abgeleiteten Kathode gemessen. Bei den ersten Messungen wurde noch die Potentialdifferenz zwischen den beiden Sonden S_1 und S_2 gemessen, um zu prüfen ob der Unterschied der in der Mitte des Rohres und der bei einem Abstande a von der Mitte gemessenen Potentialdifferenzen gleich der zwischen den Sonden gemessenen Potentialdifferenz war. Da diese Prüfung beste Übereinstimmung zeigte, so wurde bei den späteren Messungen die zweite Sonde fortgelassen. Ich benutzte zu diesen Messungen die relativ rohen Braunschen Elektrometer, welche nur gestatten von 100 zu 100 Volt abzulesen und von 10 zu 10 Volt zu schätzen, da ihre Genauigkeit für den vorliegenden Zweck ausreichend war.

Durch geringe Verschiebung des Kathodenstrahlenbündels mit einem genäherten Magnet, überzeugte ich mich jeweils, dass die Sonden, solange sie sich im Kathodenstrahlenbündel befinden sollten, wirklich das Potential der Stelle zeigten. Jede geringe Verschiebung nach der einen oder anderen Seite änderte das Potential in demselben Sinne.

Die folgenden Tabellen enthalten die Resultate. Von zahlreichen Messungsreihen teile ich hier nur zwei mit.

Es bedeutete:

P das gesamte Entladungspotential in Volt,
p den Druck in Millimetern Hg,
i die Stromstärke,
A den Abstand der Sonden von der Kathode in Centimetern,
a den Abstand der beweglichen Sonde von der Achse des Rohres in Centimetern,
v die Potentialdifferenz zwischen der beweglichen Sonde und der Kathode,
D Länge des dunklen Kathodenraumes in Centimetern.

1) C. A. Mebius, l. c.

Tabelle I.

$P = 6000$ Volt, $p = 0,05$ mm
$i = 0.36 \cdot 10^{-3}$ Amp., $D = 11,5$ cm.

A	a					
	0	0,5	1	1,5	2	2,5
0,5	1900	1700	1700	1820	1990	2710
1	3150	2800	2720	2880	3250	3840
2	4200	3990	4040	4190	4590	4850
4	4870	5220	5260	5350	5430	5520
6	5270	5640	5730	5770	5820	5860
8	5550	5720	5850	5880	5850	5850
10	5700	5760	5770	5840	5900	5800
12	5850	5900	5900	5900	5900	5900

Tabelle II.

$P = 3500$ Volt, $p = 0,07$ mm
$i = 0,36 \cdot 10^{-3}$ Amp., $D = 7,3$ cm.

A	a					
	0	0,5	1	1,5	2	2,5
0,5	1210	1010	890	950	1070	1420
1	1740	1550	1440	1500	1680	1980
1,5	2200	2010	1960	1980	2130	2350
2	2480	2380	2330	2330	2430	2600
4	2700	2960	3020	3050	3060	3100
6	3080	3240	3250	3280	3240	3250
7	3200	3280	3300	3300	3320	3300
8	3320	3320	3320	3320	3320	3320

Versuche bei noch höheren Drucken bei denen das Kathodenstrahlenbündel fast den ganzen Querschnitt der Kathode bedeckte, ergaben keine messbare Potentialdifferenz in demselben Querschnitt des Rohres. Hieraus folgt, dass in diesem Falle die Niveauflächen der Kathodenfläche parallele Ebenen sind. Innerhalb eines Querschnittes eines Kathodenstrahlenbündels gelang es mir überhaupt nie Potentialdifferenzen nachzuweisen.

Um sich zu überzeugen, ob die mit der Influenzmaschine[1]) erhaltenen Resultate allgemeine Gültigkeit haben wurden auch einige Messungsreihen mit einem ähnlichen nur etwas engeren (4 cm weiten) Rohre mit einer Hochspannungsbatterie wiederholt und hierbei ergaben sich folgende Resultate:

Tabelle III.

$P = 1500$ Volt, $p = 0,2$ mm
$i = 0,34 \cdot 10^{-3}$ Amp., $D = 3,5$ cm.

A	a				
	0	0,5	1	1,5	2
0,5	700	600	620	770	900
1	960	970	940	1000	1060
1,5	1110	1090	1160	1200	1230
2	1210	1220	1260	1260	1270
2,5	1320	1330	1350	1360	1350
3	1360	1370	1370	1370	1370
3,5	1380	1380	1380	1380	1380

1) Vgl. E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Wied. Ann. 66, 318, 1898.

Bei der bedeutenden Weite des grossen Entladungsrohres war es mir möglich auch bei normalem Kathodengefälle, also nicht völlig bedeckter Kathode den Verlauf des Potentiales festzustellen. Bei einem Druck von ca. 0,5 mm und einer Stromstärke von $0,36 \cdot 10^{-3}$ Amp. war die grosse Kathode noch nicht völlig bedeckt, wohingegen die Dicke des dunklen Raumes bereits 1,25 cm betrug, also recht wohl eine Messung in demselben zuliess. Folgende Tabelle giebt die Resultate wieder.

Tabelle IV.

Abstand der Sonde von der Kathode in cm	0,15	0,25	0,5	0,75	1	1,25	2
Potentialdifferenz zwischen Sonde und Kathode in Volt	160	190	250	280	300	310	310

Aus den Tabellen I bis III wurden die Kurven I bis III (Fig. 2 und Fig. 3) für den

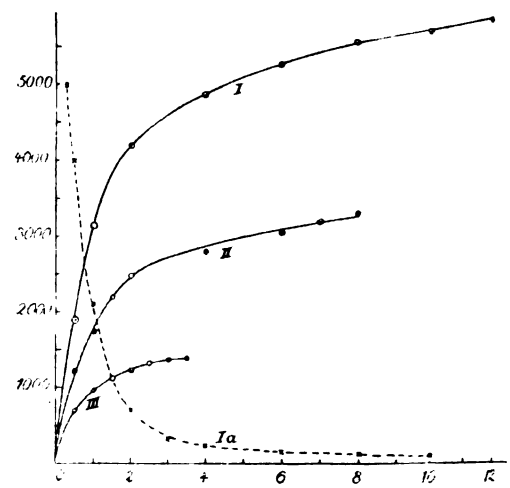


Fig. 2.

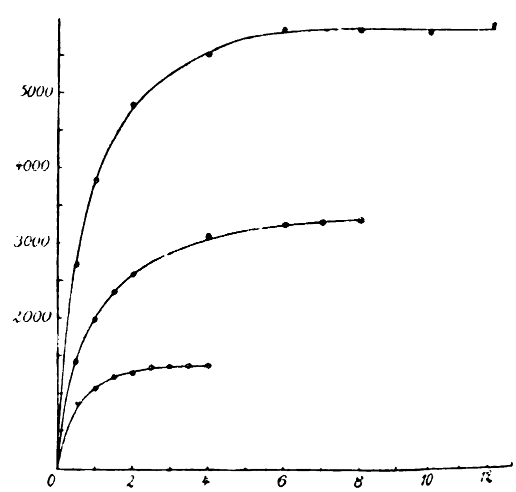


Fig. 3.

Potentialverlauf längs des dunklen Kathodenraumes parallel zur Achse in den verschiedenen Abständen *a* von derselben gezeichnet. Die Fig. 2 zeigt den Potentialverlauf in der Achse des Rohres ($a = 0$) Fig. 3 am Rande des Rohres ($a = 2{,}5$ bezw. $= 2$); die dazwischen liegenden Kurven gelangen hier nicht zur Wiedergabe, da sie nichts Neues zeigen, sondern nur zur Ermittelung der Niveauflächen dienen. Fig. 4 stellt den Potentialverlauf bei normalem Kathodengefälle dar, also die nach Tabelle IV erhaltenen Resultate.

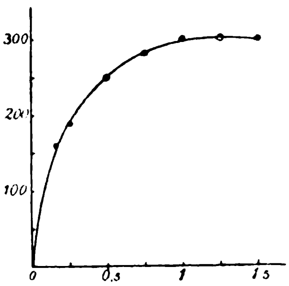


Fig. 4.

Aus den nach den Tabellen konstruierten Kurven wurden nun für die Abstände $a = 0$, 0,5, 1, 1,5, 2 und 2,5 cm von der Achse des Rohres die Abstände *A* der Punkte gleichen Potentiales von der Kathode aufgesucht und in ein Koordinatennetz eingetragen. Die die Punkte verbindenden Kurven zeigen dann die Niveauflächen an der Kathode. Fig. 5 zeigt die Niveauflächen in dem weiten Rohr nach den in Tabelle I niedergelegten Resultaten. Fig. 6 enthält diejenigen von Tabelle II, Fig. 7 die von Tabelle III.

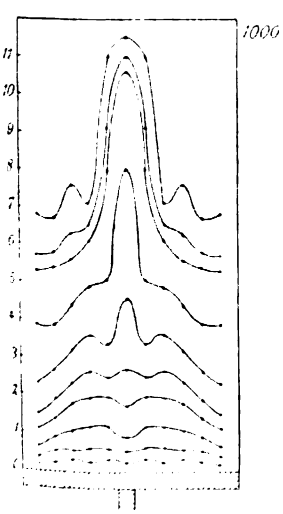


Fig. 5.

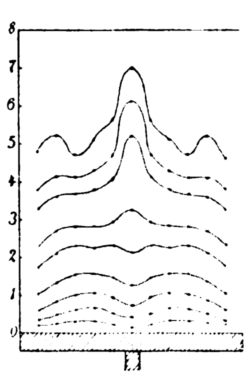


Fig. 6.

Nachdem in Obigem aus den Tabellen bezw. aus ihnen konstruierten Kurven die Niveauflächen graphisch dargestellt sind, soll in folgendem kurz der eigentliche Verlauf derselben geschildert werden.

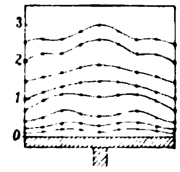


Fig. 7.

Unmittelbar an der Kathode sind die Niveauflächen der Kathode nahezu derselben parallele Ebenen. Die geringen gegen die Kathode konkaven Einbiegungen entstehen durch geringes Ansteigen des Entladungspotentiales beim Eindringen der Sonde in das Kanalstrahlenbündel. Bei allmählicher Entfernung von der Kathode tritt eine Ausbuchtung der Niveauflächen in der Mitte ein, zu der sich bei weiterem Abstande von der Kathode rechts und links zwei weitere Erhebungen gesellen. In noch grösserer Entfernung flacht sich die Erhebung in der Mitte und die beiden seitlichen allmählicher wieder ab, bis in der Nähe der Glimmlichtgrenze die Niveauflächen wieder Ebenen werden. Die Ausbuchtung in der Achse des Rohres ist so gross, dass sie unmöglich von Fehlerquellen herrühren kann aber auch die zu ihren beiden Seiten wurde bei allen Versuchen in gleicher Weise wieder gefunden, so dass auch ihre Existenz sicher ist.

Der eigentümliche Verlauf der Niveauflächen deutet darauf hin, dass alle Kathodenstrahlen, die in einiger Entfernung von dem Mittelpunkte der Kathode ihren Ursprung haben, eine gekrümmte Bahn haben müssen. Versuche, die Krümmung der Bahn aus dem Schatten von in den dunklen Raum eingeführten Körpern zu bestimmen, scheiterten an dem Umstande, dass alle Körper im dunklen Raume stark geladen werden und daher deflektorisch auf die Kathodenstrahlen wirken. Ausserhalb des dunklen Raumes befindliche Körper werfen Schatten, die auf einen ganz geradlinigen Verlauf der Kathodenstrahlen schliessen lassen.[1])

Der von Herrn E. Goldstein[2]) aufgestellten Hypothese, dass der dunkle Raum dadurch entsteht, dass die von der Mitte der Kathode nach allen Seiten ausgehenden Glimmlichtstrahlen durch Deflektion in die Achse des Rohres eingebogen werden, steht entgegen, dass die Wände eines Entladungsrohres auch innerhalb des dunk-

1) A. Wehnelt, Diese Zeitschr. **2**, 334—339, 1901.
2) E. Goldstein, Verh. d. d. phys. Ges. **2**, 142, 1900.

len Raumes und zwar beinahe bis an die Kathode heran hell fluoreszieren.

Zeichnen wir die Kurven, welche in einer der Achse parallelen Richtung die Abhängigkeit des Potentiales von der Kathode darstellen, so sind dies durchweg Kurven, welche dieselbe Form haben, wie die e^{-kx} darstellenden (vgl. Fig. 2—4).

Ein Potentialsprung beim Übergange in das Glimmlicht ist nicht wahrzunehmen, trotzdem die scharfe Begrenzung des dunklen Kathodenraumes einen solchen vermuten lassen sollte. Diese Thatsache scheint dafür zu sprechen, dass an der Grenze des dunklen Raumes ein labiler Zustand vorhanden ist, infolgedessen bei kleinen Änderungen in einem Sinne die Moleküle zu leuchten anfangen, bei einer im entgegengesetzten Sinne dagegen dunkel werden.

Es wäre aber noch möglich, dass von der Kathode respektive aus dem Innern des dunklen Raumes infolge der herrschenden Kraft fortgeschleuderte Teilchen gerade bis an die Grenze desselben kommen und dort ihre Energie abgeben. Wäre dies der Fall, so müsste die Temperatur des Gases an der Grenze einen plötzlichen Sprung erfahren.

Um dies zu erfahren, wurde in das schon früher benutzte Rohr (Fig. 1) seitlich ein Konstantan-Eisen Thermoelement eingeführt. Die Lötstelle der 0,3 mm starken Drähte war zu einer ganz dünnen Kreisscheibe ausgehämmert und geschwärzt, um recht schnell die Temperatur der Umgebung anzunehmen, Die Lötstellen mit den zum Galvanometer führenden Verbindungsdrähten befanden sich in Paraffinöl von Zimmertemperatur, die sich während der kurzen Zeit einer Messungsreihe nicht wesentlich änderte. Als Galvanometer benutzte ich ein vom Universitätsmechaniker Herrn G. Böhner neukonstruiertes und gebautes Spulengalvanometer mit hoher Empfindlichkeit bei geringem Widerstand.

Folgende Tabellen geben die Resultate:

$V = 1100$ Volt, $i = 0{,}24 \cdot 10^{-3}$		$V = 2000$ Volt, $i = 0{,}28 \cdot 10^{-3}$		$V = 4500$ Volt, $i = 0{,}3 \cdot 10^{-3}$	
A	a	A	a	A	a
3 cm	15 Skt.	4 cm	29 Skt.	7 cm	38 Skt.
4 „	16 „	5 „	30 „	8 „	43 „
5 „	16 „	6 „	33 „	9 „	46 „
6 „	16 „	7 „	33 „	10 „	48 „
		8 „	32 „		

Die hiernach konstruierten Kurven (Fig. 8) zeigen keinerlei Knick in ihrem Verlaufe.

Das Thermoelement befand sich einmal am Rande, dann in der Mitte zwischen Rand und Kathodenstrahl und dann im Kathodenstrahl

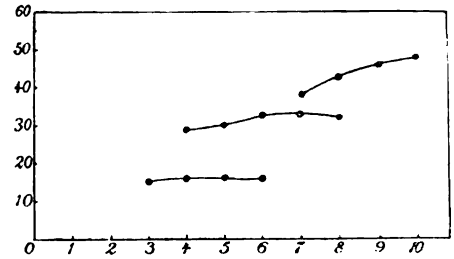


Fig. 8.

selbst. Qualitative Änderungen waren nicht vorhanden. In der Nähe der Kathode zeigte sich ein eigentümlicher Verlauf der Temperaturkurve, auf den ich hier nicht näher eingehen will.

Die aus den Kurven für den Potentialverlauf konstruierten Kurven für den Verlauf des Potentialgradienten (Kurve *Ia* Fig. 2) in Richtung der Rohrachse zeigen noch keinerlei Maxima oder Minima, sondern einen durchaus glatten Verlauf. Meine Versuchsergebnisse stehen mit denen, freilich auf ganz anderem Wege gewonnenen Resultaten von A. Schuster[1]) im Einklang, dagegen nicht mit denen von Graham[2]), der Maxima und Minima für $\frac{dV}{dx}$ erhielt, was einer Abwechselung positiver und negativer Ladung im dunklen Raume entsprechen würde. Bei der grossen Wichtigkeit dieser Frage habe ich auch eine Reihe von Messungen nach der Grahamschen Methode angestellt, um vor allem durch passende Veränderung der Versuchsanordnung, die Gründe für seine Resultate aufzufinden.

Zu diesem Zwecke befanden sich in einem Entladungsrohr (Fig. 9) mit verschiebbarer Ka-

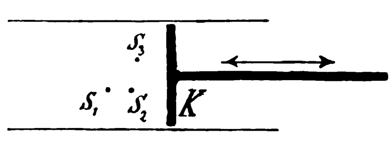


Fig. 9.

thode drei Sonden S_1, S_2 und S_3 nahe bei einander. Die Sonden aus dünnem Platindraht steckten in ganz dünn ausgezogenen Glasröhrchen, so dass nur je ein ca. 4 mm langes Stück frei heraussah. Die Sonden hatten die aus der Fig. 9 zu ersehende Stellung zu einander. Sonde S_1 und S_2 standen genau hintereinander und 0,12 cm voneinander entfernt. Sonde S_3 stand ca. 0,45 cm seitwärts von S_2. Der auf die

1) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. **47**, 642, 1890; W. P. Graham, Wied. Ann. **64**, 66, 1898.
2) W. P. Graham, l. c., S. 73.

Achse des Rohres projizierte Abstand zwischen S_1 und S_3 war 0,18 cm.

Zuerst wurde mit jeder Sonde einzeln der Verlauf des Potentiales im dunklen Raume durch Messung der Potentialdifferenz zwischen Sonde und der zur Erde abgeleiteten Kathode an den verschiedenen Punkten des dunklen Raumes festgestellt. Die Isolation des hierzu benutzten Braunschen Elektrometers war vorzüglich.

Die folgenden Tabellen geben die Resultate dieser Messungen:

Entladungspotential 1000 Volt,
Stromstärke $= 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ Amp.,
Dicke des dunklen Raumes = 2,3 cm.

Tabelle I.

Sonde S_1.

Abstand (a) in cm von der Kathode	0,25	0,65	1,15	1,65	2,15
Potentialdifferenz (V) .	290	570	720	810	850

Tabelle II.

Sonde S_2.

a	0,13	0,53	1,03	1,53	2,03
V	140	430	640	770	830

Tabelle III.

Sonde S_3.

a	0,07	0,47	0,97	1,47	1,97
V	240	490	660	770	830

Hierauf wurden zwischen den Sonden S_1 und S_2 nach der Methode von Graham[1]) mit einem Warburgschen Elektrometer die Kurven für die Potentialgradienten ermittelt. Die Güte der Isolation des Elektrometers wurde nach der von Warburg[2]) angegebenen Methode geprüft. Die Resultate sind in folgenden Tabellen enthalten.

Entladungspotential 1000 Volt,
Stromstärke $= 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ Amp.,
Dicke des dunklen Raumes = 2,3 cm.

Tabelle IV.

S_1 und S_2 (Abstand S_1 und S_2 = 0,12 cm).

a in cm	0,3	0,7	1,2	1,7	2,2
$\frac{dV}{dx}$	1142	925	530	300	148

1) W. P. Graham, l. c., S. 65.
2) E. Warburg, Wied. Ann. 31, 554, 1887.

Tabelle V.

Abstand von S_1 und S_2 = 0,18 cm.

a in cm	0,16	0,56	1,06	1,56	2,06
$\frac{dV}{dx}$	261	408	300	181	92

In Figur 10 sind die nach den Tabellen I—V gezeichneten Kurven (I—V) dargestellt.

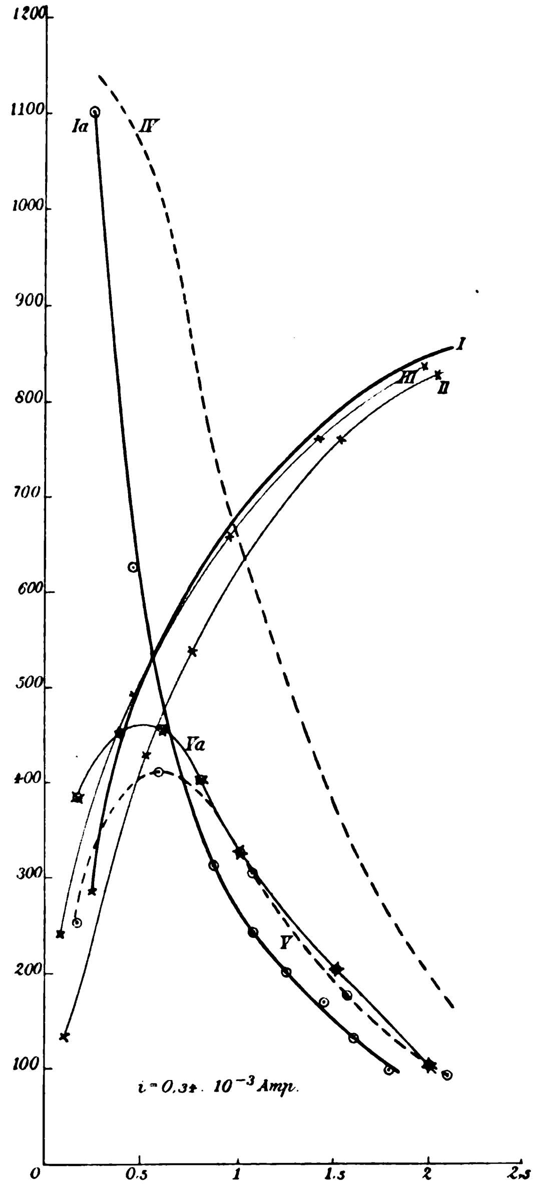


Fig. 10.

Kurve Ia zeigt die aus Kurve I graphisch ermittelte Potentialgradientenkurve.

Die mit Sonde S_2 erhaltene Kurve des Potentialverlaufes zeigt durchweg niedrigere Werte, als die mit Sonde S_1 erhaltenen, woraus folgt,

dass zwischen Sonde S_1 und S_2 stets eine Potentialdifferenz herrscht, die grösser ist, als sie deren Abstande im dunklen Raume entspricht, d. h. die aus den Potentialdifferenzen zwischen S_1 und S_2 ermittelte Potentialgradientenkurve muss höher liegen, als die wahre Kurve, was in der That auch der Fall ist, wie Kurve IV, Fig. 10, zeigt. Im übrigen hat sie angenähert denselben Verlauf wie Kurve Ia.

Befinden sich die Sonden nicht hintereinander wie S_1 und S_3, so erhält man eine Kurve (V, Fig. 10) für den Potentialgradienten, wie sie Graham[1]) gefunden hat.

Die Abweichung dieser von den vorherigen Kurven mag wohl ihre Ursache in der starken Veränderung der Potentialverteilung in der Umgebung einer Sonde haben. Die mit Sonde S_3 erhaltene Potentialkurve (Kurve III, Fig. 10) scheint auch hierauf hinzudeuten. Sie schneidet die mit S_1 erhaltene Kurve (I, Fig. 10) und in der That zeigt die graphisch aus Kurve I und III ermittelte Kurve (Va, Fig. 10) für den Potentialgradienten einen ähnlichen Verlauf, wie die direkt mit Sonde S_1 und S_3 erhaltene Kurve[2]).

Um den Einfluss zu prüfen, den eine geringe seitliche Verschiebung der einen von zwei hintereinander stehenden Sonden verursacht, diente die Anordnung Fig. 11.

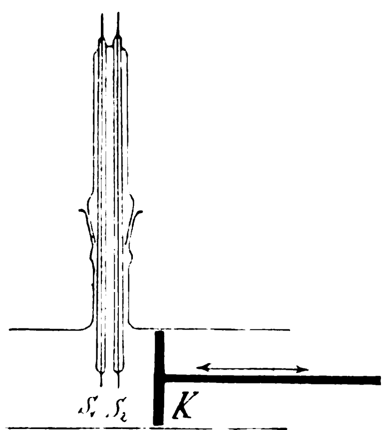


Fig. 11.

Zwei im Abstande von 0,24 cm befindliche Sonden waren durch einen Schliff in das Rohr eingeführt. Durch geringe Drehung desselben konnte man Sonde S_2 aus dem Schatten von S_1 treten lassen. Bei stets gleichem Drucke wurde durch Verschieben der Kathode das Sondenpaar an die verschiedenen Stellen des dunklen Kathodenraumes gebracht. Bei jeder Stellung wurde die Potentialdifferenz gemessen, einmal, wenn die Sonden genau hintereinander standen und dann, wenn die Sonden um einen geringen, durch einen Zeiger und Marke stets gleichgemachten Winkel von 25^0 gedreht wurden.

Ihr auf die Achse projizierter Abstand betrug dann 0,22 cm.

Folgende Tabelle enthält die Resultate:

	a	0,23	0,5	1	1,5	2	2,5
$\frac{dv}{dx}$	Sonden hintereinander	917	833	625	356	190	90
	Sonden nebeneinander	363	455	306	121	47	10

Fig. 12 zeigt die nach dieser Tabelle konstruierten Kurven. Hieraus geht hervor, dass

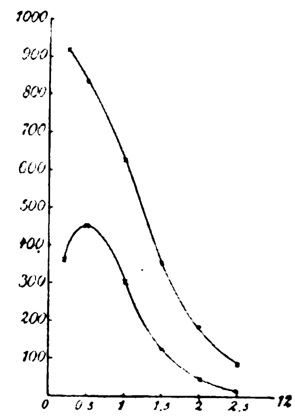


Fig. 12.

die von Graham erhaltenen Kurvenformen durch nicht völliges Hintereinanderstehen der Sonden verursacht wurden, was übrigens bei so langen Sonden, wie die von Graham benutzten, schwer zu erreichen wäre.

An dieser Stelle möchte ich noch folgende Beobachtung in dem weiten Entladungsrohr erwähnen:

Die gewöhnliche Ansicht, dass bei cylindrischen Entladungsröhren mit nahezu den Querschnitt erfüllenden Kathoden der Glimmlichtnebel sich gleichförmig über den ganzen Querschnitt anschliesst, erscheint bei genauerer Untersuchung nicht richtig. An der Wand des Rohres, unmittelbar am Rande des dunklen Kathodenraumes, liegt ein heller, in der Luft schwach rötlich gefärbter Ring, der noch zu dem positiven Lichte gehört, denn er ver-

1) W. P. Graham, l. c., S. 73.

2) Die graphische Ermittelung wurde folgendermassen ausgeführt: Für einen bestimmten Punkt a von der Kathode hat nach Kurve III die Sonde S_3 eine Potentialdifferenz V_3 gegen die Kathode, da Sonde S_1 einen Abstand von 0,18 cm von S_3 hat, so kann aus Kurve I für den Abstand $(a + 0{,}18)$ cm die Potentialdifferenz V_1 von S_1 gegen die Kathode abgelesen werden. Die Differenz $\frac{V_1 - V_2}{0{,}18}$ giebt dann sofort den Potentialgradienten an dem Punkt $\left(\frac{a + 0{,}18}{2}\right)$.

wandelt sich bei der Ablenkung durch einen Magnet in eine positive Schicht. Die Erscheinung war besonders gut sichtbar in dem weiten Entladungsrohr (Fig. 1, S. 519). Der Ring dürfte den Teil der Strombahn andeuten, welcher den schräg auf die Kathode fallenden Kanal- bezw. Kathodenstrahlen entspricht. In gewisser Hinsicht hängt er wohl mit den kreisförmigen Schichten, die bei starken Strömen drahtförmige Kathoden umgeben, wie sie von Hittorf[1]) und O. Lehmann[2]) beobachtet wurden, zusammen.

II. Niveauflächen an unbeeinflussten[3]) Kathoden.

Da bei allen vorhergehenden Versuchen die Nähe der Rohrwandungen einen Einfluss auf die Form der Niveauflächen und überhaupt auf den ganzen Potentialfall an der Kathode haben könnte, so habe ich auch die Potentialverteilung an Kathoden bestimmt, die sich frei innerhalb eines grossen kugelförmigen Gefässes befanden. Fig. 13 zeigt die benutzte Versuchsanordnung.

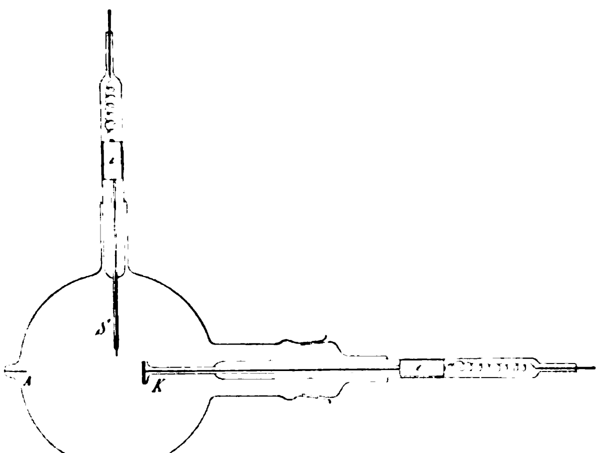


Fig. 13.

Als Kathode diente eine Kreisscheibe K von 1 cm Durchmesser, deren Zuleitung und Rückseite isoliert war. Die Kathode war mit einem Magnet von aussen verschiebbar, ebenso eine Sonde S, deren Bewegungsrichtung senkrecht zu der Kathode stand.

Zuerst wurde der Potentialverlauf längs der Normalen auf der Kathode bei verschiedenen Drucken bestimmt. Folgende Tabelle enthält die Resultate.

$i = 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ Amp.

	a								
V	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	Dicke des dunkl. Raumes in cm
700	470	570	620	650					0,6 cm
1000	620	760	860	900	930	930			1,0 „
1200	640	850	990	1050	1070	1080	1080		1,3 „

Die nach dieser Tabelle gezeichneten Kurven (Fig. 14) zeigen alle genau denselben Verlauf,

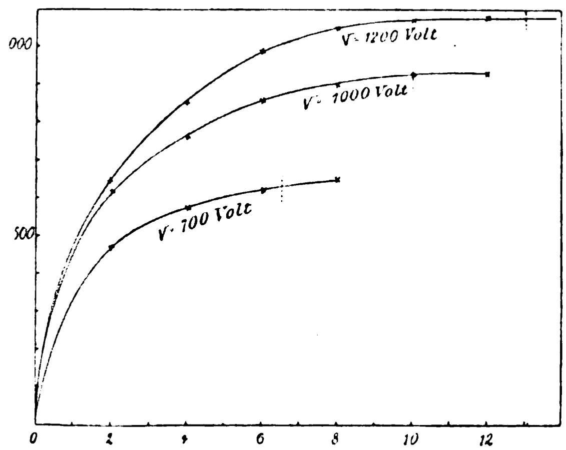


Fig. 14.

wie die bei unfreien Elektroden erhaltenen. Auch hier zeigt sich trotz der scharfen Begrenzung des dunklen Kathodenraumes kein Potentialsprung beim Übergang desselben in das Glimmlicht. Behufs Konstruktion der Niveauflächen wurde eine Reihe von Werten in verschiedenen Abständen von der Kathode *w* der Normalen derselben bestimmt.

Folgende Tabelle enthält die Resultate:

$p = 0{,}09$ mm $i = 0{,}34 \cdot 10^{-3}$ Amp.
$V = 1310$ Volt.

Abstand von der Kathodenebene in cm	Abstand der Sonde von der Normalen der Kathode in cm				
	0	0,5	1	1,5	2
0,2	730	1030	1090	1110	1110
0,4	970	1060	1100	1090	1100
0,6	1030	1070	1080	1060	1060
0,8	1130	1130	1140	1110	1080
1,0	1140	1140	1140	1140	1080

Den nach dieser Tabelle konstruierten ungefähren Verlauf der Niveauflächen zeigt Fig. 15, derselbe ist annähernd wie bei einer unfreien Kathode. Im ganzen Glimmlicht, sowie in dem schwachen, blauen Leuchten im ganzen Raume hinter der Kathodenebene zeigte das Elektrometer stets dieselbe Potentialdifferenz gegen die Kathode.

1) Hittorf, Wied. Ann. **21**, 95, 1884.
2) O. Lehmann, Wied. Ann. **55**, 387, 1895; **56**, 311, 1895.
3) Vergl. Anm. S. 518.

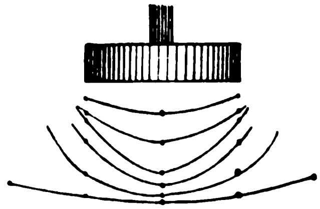


Fig. 15.

Zur Prüfung des Einflusses der Stromstärke auf den Potentialverlauf wurde dieselbe durch Regulierung der Tourenzahl der Influenzmaschine geändert.

Folgende Tabellen und Kurve (Fig. 16) zeigen die Resultate:

I) $V = 1130$ Volt, $i = 0{,}16 \, . \, 10^{-3}$ Amp., $p = 0{,}07$ mm							
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
	640	740	900	960	980	990	1000

II) $i = 0{,}34 \, . \, 10^{-3}$ A. $V = 1500$ Volt, $p = 0{,}07$ mm									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	790	1010	1160	1230	1270	1280	1290	1300	1310

III) $i = 0{,}53$ Amp. $V = 1500$ Volt, $p = 0{,}07$ mm									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	820	1050	1240	1310	1360	1390	1400	1410	1420

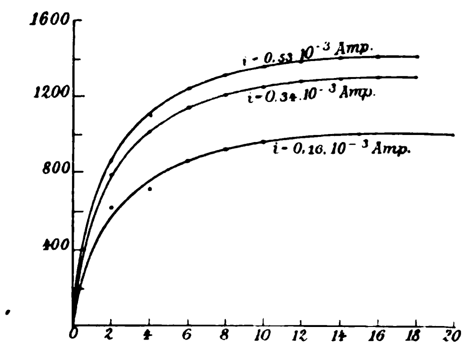


Fig. 16.

Die Dicke der Dunkelräume war bei:

$$i = 0{,}16 \cdot 10^{-3} \text{ Amp.} = 1{,}5 \text{ cm}$$
$$i = 0{,}34 \cdot 10^{-3} \quad \text{„} \quad = 1{,}3 \text{ „}$$
$$i = 0{,}53 \cdot 10^{-3} \quad \text{„} \quad = 1{,}25 \text{ „}$$

Man sieht hieraus, dass durch Erhöhung der Stromstärke der Verlauf des Potentiales nicht prinzipiell geändert wird. Die Kurve für die grössere Stromstärke steigt natürlich schneller an, da ja mit der Verstärkung des Stromes eine Verkleinerung des Dunkelraumes und eine Potentialerhöhung Hand in Hand gehen, beides Thatsachen, die den Potentialgradienten erhöhen.

Hieran anschliessend möchte ich noch eine Beobachtung über die Kanalstrahlen erwähnen, die ich besonders schön bei dem eben benutzten Entladungsrohre wahrnahm.

Bei der kleinen, kreisförmigen, ebenen Kathode, die schon vorher benutzt wurde, sowie bei einer zu diesem Zwecke einmal eingesetzten Hohlspiegelkathode war deutlich zu sehen, dass die Kanalstrahlen nicht senkrecht auf der Oberfläche der Kathoden standen, sondern dass sie divergierend nach allen den Richtungen gingen, in welchen noch eine scharfe Begrenzung des dunklen Raumes zu sehen war. Sie hatten dabei die Gestalt einer Kugelkappe. Die Kathodenstrahlen hingegen waren bei beiden Kathoden scharf begrenzt sichtbar. Sie traten bei der ebenen Kathode ganz schwach divergierend, bei der Hohlspiegelkathode schwach konvergierend aus.

III. Änderung der Niveauflächen bei Ablenkung der Kathodenstrahlen durch einen Magnet.

Zu diesem Versuch diente wieder das grosse in Fig. 1 dargestellte Entladungsrohr. Ein ringförmiger Elektromagnet wurde gleichzeitig mit der Kathode verschoben, so dass seine Stellung zu derselben unverändert blieb. Mit Hilfe der beweglichen Sonde S wurden wieder, wie bei den zuerst beschriebenen Versuchen, die Kurven für den Potentialverlauf festgestellt. Leider konnten die Versuche nur bei relativ hohen Drucken erfolgen, da bei tiefen Drucken und einigermaassen starker Ablenkung der Kathodenstrahlen die Entladung leicht einen intermittierenden Charakter annahm. Die folgende Tabelle enthält die Resultate:

$$V = 1700 \text{ Volt } i = 0{,}3 \cdot 10^{-3} \text{ Amp.}$$

	a							
	0		1		2		2,5	
1	750	740	650	730	500	830		800
2	1110	1000	1030	1040	1040	1100	1090	1110
3	1300	1230	1270	1230	1270	1300	1280	1320
4	1330	1350	1310	1340	1320	1400	1340	1410
5	1350	1400	1390	1430	1360	1440	1370	1420
6	1390	1430	1390	1430	1390	1440	1380	1430
7	1400	1430	1430	1440	1400	1430	1400	1440

Aus dieser Tabelle wurden wieder, wie schon oben beschrieben die Kurven des Potentialverlaufes zeichnet und aus diesen die Niveauflächen (Fig. 17) ermittelt. Man sieht deutlich, wie die Niveauflächen gegen die Achse geneigt sind. Leider liess sich bei der Dicke des Kathodenstrahlenbündels nicht gleichzeitig der genaue Verlauf desselben feststellen, so dass nicht zu erkennen war, ob und welche Neigung

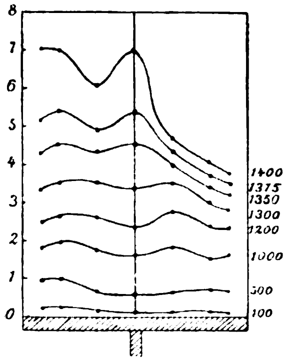


Fig. 17.

die Niveauflächen gegen die Bahn der Kathodenstrahlen hatten.

Resultate.

1. Der Verlauf des Potentiales im dunklen Kathodenraume, sowie der Verlauf der Temperatur an der Grenze desselben ist ein stetiger und erfolgt in einer Kurve der e^{-kx} Form.

2. Die Niveauflächen an einer Kathode sind keine derselben parallele Flächen, sondern zeigen einen eigentümlichen Verlauf.

3. Die Kurve für den Potentialgradienten ist stetig. Knicke, wie sie Graham gefunden hat, weisen auf Fehler in der Versuchsanordnung hin.

4. Die Berechnungen der freien Elektrizität im dunklen Kathodenraume bedürfen einer Korrektion, da in ein und demselben Querschnitt verschiedene Dichten der freien Elektrizität vorhanden sind.

5. Niveauflächen an beeinflussten und unbeeinflussten Kathoden zeigen einen ähnlichen Verlauf.

Erlangen, Phys. Inst. Mai 1901.

(Eingegangen 6. Mai 1901.)

BESPRECHUNGEN.

Heinrich Weber, Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik. Nach Riemanns Vorlesungen in vierter Auflage neu bearbeitet. gr. 8. Erster Band. XVIII u. 506 S. mit Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1900. 10 M.

H. Liebmann, Lehrbuch der Differentialgleichungen. gr. 8. VI u. 226 S. mit Figuren. Leipzig, Veit & Comp. 1901. 6 Mark.

„Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik," ursprünglich geplant als eine erweiterte Auflage der bekannten Hattendorffschen Bearbeitung Riemannscher Vorlesungen, haben sich, mit Rücksicht auf die veränderten Grundanschauungen und Bedürfnisse der modernen Physik, namentlich in der Elektrizitätslehre, zu einem selbständigen Werke H. Webers gestaltet, dem der Verfasser lediglich in der Überzeugung, „die Arbeit in Riemanns Sinn und Geist fortzuführen", „den Schmuck von Riemanns Namen" gelassen hat. Wie wertvoll für den Physiker ein Werk sein muss, das, ohne andere Vorkenntnisse als die elementare Differential- und Integralrechnung vorauszusetzen, die mathematischen Hilfsmittel und Methoden seiner Wissenschaft in ihren verschiedenen Anwendungen mit möglichster Vollständigkeit entwickelt, braucht hier wohl nicht erst ausgeführt zu werden. Die befriedigende Durchführung dieser Aufgabe konnte aber auch nur einem Mathematiker gelingen, der wie der Verfasser mit der vollständigen Beherrschung der abstrakt-mathematischen Methoden eingehendes Verständnis und Interesse für die physikalischen Probleme verbindet.

Von dem reichhaltigen, Physiker wie Mathematiker gleichmässig interessierenden Inhalte des bisher erschienenen ersten Bandes möge die folgende Übersicht eine Vorstellung geben. Das erste Buch entwickelt die rein mathematischen Hilfsmittel: zunächst die Theorie der bestimmten Integrale, der Fourierschen Reihen und der Flächen- und Raumintegrale mit besonderer Berücksichtigung der elliptischen Koordinaten. Auf eine kurze Einführung in die elementare Theorie der Funktionen komplexen Argumentes und in die der linearen Differentialgleichungen folgt eine ausführliche Darstellung der Besselschen Funktionen, die bei der hervorragenden Wichtigkeit dieser Transcendenten für die verschiedensten Anwendungen und ihrer augenscheinlichen Vernachlässigung in den meisten mathematischen Lehrbüchern als besonders dankenswert bezeichnet werden muss. Das zweite Buch „geometrische und mechanische Grundsätze" enthält die allgemeine Theorie der Vektorfelder, des Potentiales und der Kugelfunktionen mit einem kürzeren Abschnitt über die Prinzipien der Mechanik. Sehr ausführlich wird dagegen im dritten Buche die Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus vom Standpunkte der modernen Maxwellschen Theorie aus behandelt, und zwar in der Weise, dass immer einer ge-

drängten Darstellung der physikalischen Grundlagen eine mathematische Durchführung spezieller Probleme angeschlossen wird. Von den behandelten statischen Problemen seien hier erwähnt: die Elektrizitätsverteilung auf konzentrischen Kugeln, auf dem Ellipsoid und der Kreisscheibe, auf Cylinderflächen und speziell auf dem Prisma, endlich die Influenz zweier cylindrischen Leiter, die mit Hilfe einer konformen Abbildung und unendlicher Produkte berechnet wird. Als Beispiele dynamischer Probleme aber werden zunächst die stationären Strömungen in Flächen, insbesondere in Kreisscheiben, auf Cylindern und Ringflächen mit funktionentheoretischen Hilfsmitteln bestimmt, sodann die Strömung im Innern einer Kugel und einer planparallelen Platte berechnet mit einem Hinweise auf die Riemannsche Theorie der Nobili'schen Farbenringe und die Polarisation der Elektroden, und schliesslich der Einfluss einer leitenden Kugel auf ein konstantes Stromfeld in einem Medium von anderer Leitfähigkeit gefunden.

Im letzten Abschnitte endlich wird die Elektrizitätsleitung der Elektrolyte vom Standpunkte der Ionentheorie aus zurückgeführt auf lineare und nichtlineare partielle Differentialgleichungen, die in besonderen Fällen auch eine Integration gestatten.

Der zweite Band des Werkes, den der Verfasser in Aussicht stellt, soll die Wärmeleitung, die Theorie der Schwingungen, einschliesslich der elektrischen, die Elektrizitätstheorie und die Hydrodynamik behandeln. Möge sein Erscheinen nicht mehr lange auf sich warten lassen und seine Durchführung ebenso klar und anregend sein wie die des hier besprochenen ersten Bandes!

Während also das Webersche Werk sich gleichzeitig an Mathematiker und Physiker wendet und ausdrücklich die Anwendungen im Auge hat, so ist dagegen das kürzere Liebmannsche „Lehrbuch der Differentialgleichungen" lediglich für angehende Mathematiker berechnet und hat eine ausschliesslich theoretische Tendenz. Es ist bestimmt zur ersten Einführung in die moderne Theorie der Differentialgleichungen und will gleichzeitig mit elementarer Begriffsentwickelung und geometrischer Anschaulichkeit den heutigen Anforderungen mathematischer Strenge genügen. Bei seinem geringen Umfange konnte das Werk dabei natürlich auf Vollständigkeit keinen Anspruch machen, sondern es konnten nur einzelne Gruppen von Problemen oder Methoden herausgegriffen werden. So wird die Methode der Potenzreihen und damit die eigentliche Funktionentheorie nur im ersten Kapitel verwertet, um mittelst des Cauchyschen Majoranten-Verfahrens die Existenz der Lösungen zu beweisen, dagegen wird z. B. auf die funktionentheoretische Untersuchung der linearen Differentialgleichungen vollständig verzichtet. Ebenso wird überhaupt auf die praktischen Integrationsmethoden nur sehr geringer Wert gelegt, auf physikalische Anwendungen aber gar keine Rücksicht genommen. Im Vordergrunde steht fast ausschliesslich die Frage nach der Existenz und Mannigfaltigkeit der Integrale und ihre geometrische Deutung vermöge der Lieschen „Linien und Flächenelemente" und ihrer „Vereine", sowie auch der „Berührungstransformationen". Mit diesen Hilfsmitteln wird insbesondere die Theorie der „singulären Punkte" und der „singulären Lösungen", wenigstens für reelle gewöhnliche Differentialgleichungen und dann im 4. und 5. Kapitel ziemlich eingehend die Theorie der partiellen Differentialgleichungen, und ihrer „Charakteristiken" begrifflich und gleichzeitig geometrisch-anschaulich entwickelt. Dagegen wird auf die „Randwertaufgaben" nur in den letzten 5 Seiten mehr andeutend als ausführend hingewiesen.

Die Darstellung ist überall anregend und ohne Schwierigkeit verständlich, und es ist anzuerkennen, dass das Buch wenigstens auf dem gewählten engeren Gebiete der gestellten Aufgabe durchaus gerecht wird. E. Zermelo.

(Eingegangen 20. April 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Börnstein, R., Leitfaden der Wetterkunde. Mit 52 in den Text eingedruckten Abbildungen und 17 Tafeln. gr. 8. VIII u. 184 S. 1901. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 5.—, geb. M. 6.—.

Botazzi, Ph., Physiologische Chemie für Studierende und Ärzte. Deutsch v. H. Boruttau. Vollständig in 8—10 Lieferungen. Mit Abbildungen. Lieferung 1, 80 S. Lieferung 2, 80 S. gr. 8. 1900. Wien, Franz Deuticke. à M. 2—

Jahrbuch der Astronomie und Geophysik. Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten der Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde. Herausgegeben von H. J. Klein. XI. Jahrgang. 1900. Mit fünf Tafeln in Schwarzdruck. 8. VIII u. 380 S. 1901. Leipzig, Ed. H. Mayer. M. 7.50.

Personalien.

Der Direktor der Maschinenfabrik Schüchtermann & Kremer in Dortmund, Reinhardt, hat eine Berufung als Professor der Maschinenbaukunde an die Technische Hochschule in München erhalten.

An der Technischen Hochschule zu Dresden hielt der Privatdozent für Chemie Dr. Hans Bucherer, seine Antrittsrede „Über das Wesen chemisch-technischer Methoden und ihre Bedeutung für die wissenschaftliche Erkenntnis".

Mit der durch den Tod von Professor Dr. Adolf Hirsch an der Akademie Neuenburg in Erledigung gekommenen Professur für Astronomie und Physik ist provisorisch Dr. Louis Arndt betraut worden.

Die Zulassung des Assistenten V. Syniewski als Privatdozent für chemische Technologie und technische Bakteriologie an der Technischen Hochschule in Lemberg ist bestätigt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 36. 8. Juni 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Notiz über Spitzenausströmung, veranlasst durch sehr schnelle elektrische Schwingungen.

Von K. v. Wesendonk.

Durch Versuche mit einer von Herrn Donle angegebenen, der Lecherschen verwandten Einrichtung gelangte Verfasser[1]) seiner Zeit zu dem Schlusse, dass sehr schnelle elektrische Schwingungen das Ausströmen der positiven Elektrizität begünstigen. Diese Vermutung wurde durch weitere Experimente, bei denen sogenannte Seitenentladungen zur Beobachtung kamen, voll bestätigt.[2]) Es fand sich aber, dass man bei grösserer Entfernung der die entladene Elektrizität aufnehmenden Platte von der ausströmenden Spitze unter Umständen negative Ladungen erhielt, während bei geringeren Abständen positiv solche auftreten. Dies wurde l. c. S. 342 angedeutet mit dem Satze: „bei allen solchen Versuchen ist zu beachten, dass bei geringer Entfernung der Platte von der ausströmenden Spitze die positiven Entladungen, bei grossem Abstande die negativen leichter auftreten." Diese Bemerkung bezog sich aber natürlich nur auf die Spitzenwirkung infolge von sehr schnellen elektrischen Oszillationen, nicht etwa auf Spitzenausströmung überhaupt, was hiermit, um etwaigen Missverständnissen vorzubeugen, betont sei. Besagtes Phänomen hat dann Herr Himstedt[3]) und späterhin Herr Knoblauch[4]) näher untersucht. Letzterer fand nun, dass die Ausstrahlung der Elektrizität aus der Spitze bei sogenannten Teslaentladungen in Form eines Kegels vor sich geht, dessen äusserer Mantel ausschliesslich negative Elektrizität, und dessen Inneres vorwiegend positive Büschelentladungen enthält. Die erstere pflanzt sich weiter in den Raum hinein fort als die letzteren, die beiden Umstände erklären nach Herrn Knoblauch das Auftreten negativer Ladungen bei genügend entfernten, wie bei ausgeschnittenen Auffangplatten. Danach konnte es fraglich erscheinen, ob nicht die Menge der entladenen negativen Elektrizität doch die entsprechende positive überträfe, und das Überwiegen der letzteren bei den sogenannten Teslaausströmungen nicht schliesslich nur ein scheinbares sei. Um hierüber einigen Aufschluss zu erhalten, stellte Verfasser mit sogenannten Seitenentladungen (wie seinerzeit bei der Wied. Ann. Bd. 66 veröffentlichten Arbeit) einige Versuche[1]) an, bei denen die ausstrahlende Spitze teils in der Nähe einer grösseren Auffangplatte (Quadrat von 22 cm Seitenlänge) sich befand, teils von den Metallwänden eines isolierten mit Exnerschem oder Bentzschem Elektroskop verbundenen Hohlkörpers mehr oder minder vollständig umgeben war. In einigen Fällen wurde die Spitze mittels eines Paraffinpfropfes durch ein Loch im Deckel in das Innere einer sonst völlig geschlossenen Metallbüchse eingeführt, war also vom Auffangkörper fast vollständig umhüllt. Trotzdem gaben stets die Entladungen des negativen Poles der (nur mit ihren eigenen Verstärkungsflaschen versehenen) Influenzmaschine entschieden positive Ladungen des Auffangkörpers, in diesen Fällen wird also bei den schnell alternierenden Entladungen sicher mehr positive Elektrizität aus der Spitze ausgetrieben als negative.[2])

Es erscheint Verfasser übrigens fraglich, ob das oben erwähnte Auftreten negativer Ladungen bei Spitzenausströmung infolge sehr

1) Naturw. Rundschau 10, 404, 1895.
2) Wied. Ann. 66, 341—345, 1898.
3) Wied. Ann. 68, 294, 1899.
4) Diese Zeitschr. 2, 165, 1900.

1) Vom isolierten Pole der Influenzmaschine führt ein Draht zur einen Zinkelektrode einer Funkenstrecke, die andere ist durch einen langen Draht einfach zur Erde abgeleitet; daran wird die ausströmende Spitze angelötet. Sie befindet sich nebst Auffangsplatte und Elektroskop an einem metallenen Schutzkasten, in dem der betreffende Draht durch Paraffin isoliert eintritt.

2) Bei dünnen Drähten geben diese selbst auch positive Ausströmungen, die im Dunkeln ebenso wie an der Spitze sichtbar sind.

schneller elektrischer Schwingungen eine allgemeine Erscheinung ist,[1]) nicht vielmehr nur bei relativ langsamen Alternierungen eintritt, auch dürfte die Verwendung des sogenannten Teslatransformators unerwünschte Komplikationen einführen.

1) Wenigstens bei nicht ausgeschnittenen Platten.

(Eingegangen 18. Mai 1901.)

Vereinfachte Ableitung der Schwingungsgesetze eines linearen Resonators im stationär durchstrahlten Felde.

Von Max Planck.

Einleitung.

Wenn in ein stationär durchstrahltes Feld, z. B. in einen Hohlraum, dessen Wände auf gleichmässige Temperatur erhitzt sind, ein elementarer Resonator gebracht wird, der von einer bestimmten Strahlenart zu Schwingungen angeregt wird und daher auch umgekehrt dieselbe Strahlenart emittieren kann, so wird sich mit der Zeit ein stationärer Zustand, d. h. eine bestimmte Beziehung zwischen der mittleren Schwingungsenergie des Resonators und der mittleren Strahlungsintensität der entsprechenden Wellenlänge im umgebenden Felde herausbilden. Diese Beziehung[1]) spielt u. a. eine wesentliche Rolle bei der Ableitung, die ich für das Gesetz der Energieverteilung im Normalspektrum entwickelt habe. Denn die Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen, welche zum Ausdruck der Entropie und dadurch zu den Eigenschaften des durch das Maximum der Entropie bedingten stationären Zustandes führen, lassen sich nicht unmittelbar auf die Strahlen im freien Felde anwenden, weil diese eine stetig im Raume angeordnete Mannigfaltigkeit bilden, sondern zunächst nur auf die im Felde vorhandenen Resonatoren, welche eine bestimmte ganze Zahl diskreter gleichartiger Elemente darstellen. Erst nachdem die Entropie und die Temperatur der Resonatoren gefunden ist, lässt sich vermöge der elektrodynamisch begründeten Schwingungsgesetze der Resonatoren rückwärts auf die Intensität der freien Strahlung im umgebenden Felde schliessen.

Was nun die Ableitung dieser Schwingungsgesetze, namentlich die genannte Beziehung zwischen der Schwingungsenergie des Resonators und der Strahlungsintensität der seiner Eigenperiode entsprechenden Strahlengattung im umgebenden stationär durchstrahlten Felde betrifft, so ergiebt sich diese in meinen Untersuchungen über irreversible Strahlungsvorgänge durch geeignete Spezialisierung der entsprechenden, für den allgemeineren Fall nichtstationärer Vorgänge abgeleiteten Beziehungen, indem die dort entwickelten Ausdrücke sich durch die Einführung der Bedingung der stationären nach allen Richtungen gleichmässig verteilten Strahlung ganz bedeutend vereinfachen. Wenn es aber überhaupt nur auf die Untersuchung der stationären Strahlung ankommt, so ist es bei weitem bequemer, die Vereinfachungen, welche durch die Beschränkung auf den stationären Zustand bedingt werden, gleich von vornherein in alle Formeln einzuführen, und dadurch eine Reihe allgemeiner, zum Teil etwas mühsamer Überlegungen und Rechnungen zu ersparen. Es scheint mir daher wünschenswert, diese direkte Berechnung hier auszuführen, zumal dadurch auch einige der physikalischen Voraussetzungen der ganzen Theorie noch durchsichtiger werden als in der allgemeinen Darstellung.

Um den Zusammenhang mit der letzteren möglichst deutlich hervortreten zu lassen, will ich im folgenden sowohl den Gedankengang und die äussere Einteilung des Stoffes, als auch alle Bezeichnungen meiner früheren Arbeit möglichst vollständig beibehalten. Nur eine einzige Änderung werde ich mir insofern erlauben, als ich hier, wo es sich von vornherein um den stationären Strahlungszustand handelt, Fourier sche Reihen statt wie früher Fourier sche Integrale benutze, obwohl der Unterschied, wie ich besonders betonen möchte, nach meinem Dafürhalten nur ein rein formeller ist. Aber die Ausdrücke werden hier kürzer und übersichtlicher.

§ 1. Schwingungsgesetz eines linearen Resonators.

Wir denken uns im stationär durchstrahlten Felde, das wir zunächst vollständig evakuiert annehmen, einen linearen Resonator von bestimmter Achsenrichtung und Schwingungsperiode, dessen Dimensionen klein sind gegen die Länge der von ihm in das umgebende Vakuum ausgesandten Welle. Ob ein solcher Resonator in der Natur sich irgendwo verwirklicht findet, ist für die Ableitung des Gesetzes der Energieverteilung im stationär durchstrahlten Felde unwesentlich, da nach dem Gesetz von Kirchhoff die stationäre Energieverteilung unabhängig ist von der Natur der im Felde vorhandenen emittierenden und absorbierenden Körper.

Die gesamte Schwingungsenergie U_0 des Resonators, der in jedem Augenblick t einen elektrischen Dipol vom elektrostatisch gemessenen Moment $f(t)$ bildet, sei, ebenso wie

1) Ann. d. Phys. 1, 99, 1900. Gleichung (34). Unten Gleichung (18).

die Schwingungsenergie eines einfachen Pendels, von der Form:

$$1) \qquad U_0 = \frac{1}{2} K f^2 + \frac{1}{2} L \left(\frac{df}{dt}\right)^2$$

(K und L konstant), wobei das erste Glied rechts die elektrische bez. potentielle, das zweite Glied die magnetische bez. kinetische Energie darstellt.

Würde der Resonator Energie weder absorbieren noch emittieren, so wäre $U_0 =$ konst.,

d. h. $$K f + L \frac{d^2 f}{dt^2} = 0$$

und die Schwingungen würden absolut periodisch sein, mit der Schwingungszahl pro Zeiteinheit:

$$2) \qquad \nu_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{L}}.$$

Das Quadrat der Schwingungsamplitude, d. h. des Maximalwertes von $f(t)$, wäre dann offenbar:

$$\frac{2\,U_0}{K}.$$

Nun sendet aber nach H. Hertz[1]) ein linearer elektrischer, einfach periodisch schwingender Oszillator in der Zeit einer halben Schwingung die Energie aus:

$$\frac{\pi^4 E^2 l^2}{3\,\lambda^3}.$$

Hier bedeutet λ die halbe Wellenlänge, und das Produkt $E\,l$ den Maximalwert von $f(t)$. Setzen wir daher:

$$\lambda = \frac{1}{2} \frac{c}{\nu_0}$$

c die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum) und:

$$(E\,l)^2 = \frac{2\,U_0}{K},$$

so ergiebt sich für die in der Zeit einer ganzen Schwingung emittierte Energie:

$$3) \qquad 2\,\pi^4 \cdot \frac{2\,U_0}{K} \cdot \frac{8\,\nu_0^3}{3\,c^3} = \frac{32\,\pi^4 \nu_0^3\, U_0}{3\,c^3 K}.$$

Wird dem Resonator keine neue Energie von aussen zugeführt, so werden daher seine Schwingungen jedenfalls gedämpft. Wir wollen aber im folgenden annehmen, dass die Dämpfung nur schwach ist, so dass man ohne merklichen Fehler die Vorgänge im Resonator als zusammengesetzt ansehen kann aus lauter einfach periodischen Schwingungen, bei denen sich nur die Amplitude und die Schwingungszahl von Periode zu Periode ein klein wenig ändert. Letztere bleibt dann immer nahezu ν_0; erstere kann dagegen im Verlauf vieler Schwingungen ganz beliebige Werte annehmen, auch wenn der Vorgang im grossen und ganzen stationär ist.

1) Wied. Ann. **36**, 12, 1889.

Die Gleichung der schwach gedämpften Schwingung lautet bekanntlich:

$$K f + L \frac{d^2 f}{dt^2} + \frac{\sigma}{\pi} \sqrt{K L} \cdot \frac{df}{dt} = 0,$$

wobei σ, eine kleine positive Zahl, das logarithmische Dekrement der Schwingungsamplitude bezeichnet. Da nun die Schwingungsenergie durch das Quadrat der Schwingungsamplitude gemessen wird, so ist das logarithmische Dekrement der Energie $= 2\,\sigma$, und diese Grösse, d. h. das Verhältnis der in der Zeit einer Schwingung emittierten Energie zur ganzen Energie U_0 ist nach (3):

$$2\,\sigma = \frac{32\,\pi^4 \nu_0^3}{3\,c^3 K}.$$

Daraus folgt: $$\sigma = \frac{16\,\pi^4 \nu_0^3}{3\,c^3 K}. \qquad (4$$

Nehmen wir schliesslich noch an, dass der Resonator, dessen Achsenrichtung wir zur Z-Achse machen wollen, der Einwirkung beliebiger aus dem umgebenden Felde kommenden elektromagnetischen Wellen ausgesetzt ist, so leisten die auffallenden Wellen an den Schwingungen des Resonators im Zeitelement dt die Arbeit:

$$Z \cdot df = Z \cdot \frac{df}{dt} \cdot dt. \qquad (5$$

Dabei bedeutet Z die nach der Achsenrichtung des Resonators genommene Komponente der resultierenden elektrischen Kraft (Feldintensität) sämtlicher auffallender Wellen am Orte des Resonators. Wir wollen dieselbe kurz als die „erregende Schwingung" bezeichnen. Diese Arbeit wird in dem Zeitelement dt auf den Resonator übertragen und dem äusseren Felde entzogen, sie stellt daher die vom Resonator absorbierte Energie vor. Dadurch erweitert sich die Gleichung der Resonatorschwingung zu:

$$K f + L \frac{d^2 f}{dt^2} + \frac{\sigma}{\pi} \sqrt{K L} \cdot \frac{df}{dt} = Z$$

oder, wenn man mit Benutzung von (2) und (4) K und L durch ν_0 und σ ersetzt:

$$\frac{d^2 f}{dt^2} + 2\sigma \nu_0 \frac{df}{dt} + 4\pi^2 \nu_0^2 f = \frac{3 c^3 \sigma}{4\pi^2 \nu_0} \cdot Z. \qquad (6$$

§ 2. Darstellung der erregenden Schwingung durch eine Fouriersche Reihe.

In jedem Falle lässt sich die Zeitfunktion Z, die erregende Schwingung, für diejenige Zeitepoche, auf welche sich die ganze Betrachtung bezieht, also etwa von $t = 0$ bis $t = T$, folgendermassen schreiben:

$$Z = \Sigma\, C_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T} - \vartheta_n\right), \qquad (7$$

wobei die Summation über alle positiven ganzzahligen Werte von n, von 1 bis ∞, zu er-

strecken ist[1]), während die Konstanten C_n und ϑ_n von Glied zu Glied beliebig variieren können. Wir wollen T so gross wählen, dass nicht nur $\nu_0 T$, sondern auch $\sigma \nu_0 T$ durch eine grosse Zahl ausgedrückt wird. Diese Festsetzung gewährt den Vorteil, dass wir dann von dem Anfangszustand des Resonators (für $t = 0$) ganz absehen können, weil derselbe sich zur Zeit t nur mit einem Glied von der Grössenordnung $e^{-\sigma \nu_0 t}$ geltend macht.

§ 3. Berechnung der Resonatorschwingungen.

Nach den gemachten Voraussetzungen ergiebt sich für irgend eine erregende Schwingung Z als allgemeine Lösung der Schwingungsgleichung (6), wie leicht zu verifizieren:

$$f(t) = \frac{3c^3}{16\pi^3 \nu_0^2} \Sigma \frac{C_n T}{n} \sin \gamma_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T} - \vartheta_n - \gamma_n\right)$$

wobei zur Abkürzung gesetzt ist:

$$8) \qquad ctg\, \gamma_n = \frac{\nu_0^2 - \frac{n^2}{T^2}}{\sigma \nu_0 \frac{n}{T}} \cdot \pi.$$

Um γ_n eindeutig zu machen, wollen wir noch festsetzen, dass γ_n von 0 bis π wächst, wenn n von 1 bis ∞ wächst. Da σ klein ist, so weicht $\sin \gamma_n$ nur dann merklich von Null ab, wenn $\frac{\nu_0 T}{n}$ nahezu $= 1$, d. h. es tragen nur diejenigen Glieder der Fourierschen Reihe (7) merklich zur Resonanzerregung bei, deren Periode der Eigenschwingung des Resonators nahe liegt. Man kann daher häufig einfacher schreiben:

$$9) \qquad f(t) = \frac{3c^3}{16\pi^3 \nu_0^3} \Sigma C_n \sin \gamma_n \times \cos\left(\frac{2\pi n t}{T} - \vartheta_n - \gamma_n\right)$$

und:

$$ctg\, \gamma_n = 2\pi \cdot \frac{\nu_0 - \frac{n}{T}}{\sigma \nu_0}.$$

§ 4. Intensität der erregenden Schwingung.

Als Intensität $\mathfrak{J}$ der erregenden Schwingung Z bezeichnen wir den über ein passendes Zeitintervall erstreckten Mittelwert des Quadrats der erregenden Schwingung: $\overline{Z^2}$. Im Falle der stationären Strahlung, den wir von jetzt an ausschliesslich betrachten wollen, darf jenes Zeitintervall beliebig gross, aber nicht beliebig klein genommen werden; denn jede Messung einer Schwingungsintensität erfordert mindestens eine gewisse Zeitdauer, um ein konstantes Resultat zu liefern. Würde man noch unter dieses Minimum herabgehen, so würde das benutzte Zeitintervall, selbst wenn es vielleicht noch eine grosse Anzahl von Resonatorschwingungen umfasste, Mittelwerte von $\overline{Z^2}$ liefern können, die ganz beliebig und unregelmässig um den konstanten Wert $\mathfrak{J}$ herumschwanken. Am einfachsten und sichersten findet man $\mathfrak{J}$ offenbar durch Bildung des Mittelwertes von Z^2 für die ganze von $t = 0$ bis $t = T$ reichende Epoche, auf welche die Fouriersche Reihenentwicklung basiert ist, also aus (7):

$$\mathfrak{J} = \overline{Z^2} = \tfrac{1}{2} \Sigma C_n^2. \qquad (10)$$

§ 5. Stationäre Energie des Resonators.

Fassen wir nun auch den stationären Mittelwert der Energie U_0 des schwingenden Resonators ins Auge, so ergiebt sich derselbe zunächst aus (1) und (4) durch die Überlegung, dass die Mittelwerte der elektrischen und der magnetischen Energie jedenfalls einander gleich sind, zu:

$$U_0 = K\overline{f^2} = \frac{16\pi^4 \nu_0^3}{3c^3 \sigma} \overline{f^2}$$

und durch Berücksichtigung von (9) und Bildung des Mittelwertes von f^2 für den Zeitraum von $t = 0$ bis $t = T$:

$$U_0 = \frac{3c^3}{32\pi^2 \sigma \nu_0^3} \Sigma C_n^2 \sin^2 \gamma_n. \qquad (11)$$

§ 6. Spektrale Zerlegung der Intensität der erregenden Schwingung.

Um den Zusammenhang zwischen der Intensität $\mathfrak{J}$ der erregenden Schwingung und der Energie U_0 des mitschwingenden Resonators festzustellen, müssen wir zuvor die erstere spektral zerlegen und setzen daher:

$$\mathfrak{J} = \int_0^\infty \mathfrak{J}_\nu \, d\nu. \qquad (12)$$

Dabei definieren wir $\mathfrak{J}_\nu$ durch die Energie, welche ein linearer Resonator mit der Eigenschwingung ν und mit hinreichend kleiner Dämpfung unter dem Einfluss der erregenden Schwingung Z annimmt, d. h. wir setzen:

$$\mathfrak{J}_\nu = \varkappa \, U_\nu$$

wo der Proportionalitätsfaktor $\varkappa$ von der Schwingungszahl ν abhängen wird; also auch für $\nu = \nu_0$:

$$\mathfrak{J}_0 = \varkappa_0 \, U_0. \qquad (13)$$

Der Wert von $\varkappa$ ist durch die Bedingung bestimmt, dass:

$$\mathfrak{J} = \int_{\nu_0 = 0}^{\nu_0 = \infty} \mathfrak{J}_0 \, d\nu_0 = \int_0^\infty \varkappa_0 \, U_0 \, d\nu_0.$$

1) Das Glied mit $n = 0$ kann man hier unbeschadet der Allgemeinheit fortlassen.

Dies ergiebt durch Einsetzen der Ausdrücke von $\mathfrak{J}$ aus (10) und von U_0 aus (11):

$$\frac{1}{2} \Sigma C_n^2 = \frac{3 c^3}{32 \pi^2} \int_0^\infty d\nu_0 \left\{ \frac{\varkappa_0}{\sigma \nu_0^3} \Sigma C_n^2 \sin^2 \gamma_n \right\}.$$

Integriert man die Summe Σ Glied für Glied und setzt die einzelnen Glieder, die ja nicht voneinander abhängen, rechts und links einander gleich, so erhält man:

$$1 = \frac{3 c^3}{16 \pi^2} \int_0^\infty d\nu_0 \cdot \frac{\varkappa_0 \sin^2 \gamma_n}{\sigma \nu_0^3}.$$

Unter dem Integralzeichen kommen nach (8), da σ klein ist, nur diejenigen Werte von ν_0 merklich in Betracht, welche nahe gleich $\frac{n}{T} = \nu$ sind. Daher reduziert sich die Gleichung auf:

$$1 = \frac{3 c^3}{16 \pi^2} \cdot \frac{\varkappa}{\sigma \nu^3} \cdot \int_0^\infty \frac{d\nu_0}{1 + \frac{4\pi^2(\nu_0 - \nu)^2}{\sigma^2 \nu^2}}$$

und da das Integral den Wert $\frac{\sigma \nu}{2}$ besitzt, so folgt:

$$\varkappa = \frac{32 \pi^2 \nu^2}{3 c^3}$$

und nach (13):

$$\mathfrak{J}_0 = \frac{32 \pi^2 \nu_0^2}{3 c^3} U_0. \qquad 14)$$

§ 7. Stationäre Energiestrahlung im freien Felde.

Zwischen zwei Flächenelementen $d\sigma$ und $d\sigma'$, welche rechtwinklig zu ihrer Verbindungsstrecke r gelegen sind, strahlt in der Zeit dt nach jeder Seite die Energie:

$$dt \cdot \frac{d\sigma\, d\sigma'}{r^2} \cdot K,$$

wobei die Konstante K[1]), die Intensität der stationären Energiestrahlung, von Zeit, Ort und Richtung unabhängig ist. Da die Gesamtstrahlung sich aus lauter monochromatischen Strahlen zusammensetzt, so ist:

$$K = 2 \int_0^\infty \mathfrak{K}_\nu \, d\nu, \qquad 15)$$

wenn $\mathfrak{K}_\nu$ die Intensität eines monochromatischen, in einer beliebigen durch seine Richtung gelegten Ebene polarisierten Strahles bedeutet.

Die räumliche Dichtigkeit u der Energiestrahlung ergiebt sich durch eine bekannte geometrische Überlegung zu:

$$u = \frac{4\pi K}{c}. \qquad 16)$$

Andererseits setzt sich die räumliche Dichtigkeit der elektromagnetischen Energie im Vakuum in irgend einem Zeitpunkt aus der elektrischen und der magnetischen Feldintensität folgendermassen zusammen:

$$\frac{1}{8\pi}(X^2 + Y^2 + Z^2 + L^2 + M^2 + N^2).$$

Da nun bei der stationären Strahlung jedenfalls die Mittelwerte:

$$\overline{X^2} = \overline{Y^2} = \overline{Z^2} = \overline{L^2} = \overline{M^2} = \overline{N^2},$$

so ist die mittlere Energiedichte:

$$u = \frac{3}{4\pi} \overline{Z^2}$$

und nach (10)

$$u = \frac{3}{4\pi} \mathfrak{J}.$$

Dies ergiebt mit (16) kombiniert:

$$K = \frac{3 c}{16 \pi^2} \mathfrak{J}$$

und durch spektrale Zerlegung von K und $\mathfrak{J}$ nach (15) und (12):

$$\mathfrak{K} = \frac{3 c}{32 \pi^2} \mathfrak{J}, \qquad (17$$

woraus endlich mittelst (14) der gesuchte Zusammenhang zwischen der Energie des Resonators und der Strahlungsintensität hervorgeht, dessen Ableitung das Hauptresultat dieser Rechnungen bildet:

$$U_0 = \frac{c^2}{\nu_0^2} \mathfrak{K}_0. \qquad (18$$

§ 8. Beliebiges diathermanes Medium.

Zum Schlusse mögen die obigen Betrachtungen noch auf den Fall eines beliebigen diathermanen Mediums mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit q erweitert werden. Es giebt zwar höchstwahrscheinlich gar kein vom Vakuum verschiedenes Medium, welches für alle Strahlenarten diatherman ist, indes hat die vorzunehmende Verallgemeinerung doch insofern praktische Bedeutung, als es sich thatsächlich meistens nur um die Strahlung in einem beschränkten Spektralbezirk handelt; und in diesem Falle ist die Annahme eines für diesen Bezirk vollkommen diathermanen, vom Vakuum verschiedenen Mediums wohl gerechtfertigt.

Die Dielektrizitätskonstante des Mediums setzen wir $= k$, die magnetische Permeabilität nehmen wir $= 1$ an. Verstehen wir dann unter $f(t)$ wieder das elektrostatisch gemessene Moment des zur Zeit t vom Resonator gebildeten Dipols und behalten auch den Ausdruck (1) für die Energie des Resonators bei, so ergiebt sich

1) Nicht zu verwechseln mit der gleichbezeichneten Konstante K in Gleichung (1) und (4).

aus den Maxwellschen Feldgleichungen und dem Poyntingschen Satz der Energieströmung für die in der Zeit einer Schwingung ausgestrahlte Energie statt (3) der Wert:

$$\frac{32\,\pi^4\,\nu_0^3\,U_0}{3\,q^3\,k\,K}$$

und daraus statt (4) das logarithmische Dekrement:

$$\sigma = \frac{16\,\pi^4\,\nu_0^3}{3\,q^3\,k\,K}.$$

Da andererseits der Ausdruck (5) für die absorbierte Energie derselbe bleibt, so geht die Schwingungsgleichung (6) des Resonators über in:

$$\frac{d^2 f}{dt^2} + 2\,\sigma\,\nu_0\,\frac{df}{dt} + 4\,\pi^2\,\nu_0^2\,f = \frac{3\,q^3\,\sigma\,k}{4\,\pi^2\,\nu_0}\cdot Z.$$

Rechnen wir nun ganz in derselben Weise weiter wie oben, so verallgemeinern sich die Gleichungen (14) und (17) zu:

$$\mathfrak{J}_0 = \frac{32\,\pi^2\,\nu_0^2}{3\,q^3\,k}\,U_0$$

und:

$$\mathfrak{K} = \frac{3\,q\,k}{32\,\pi^2}\,\mathfrak{J},$$

so dass als Schlussresultat die Beziehung erscheint:

$$U_0 = \frac{q^2}{\nu_0^2}\,\mathfrak{K}_0,$$

welche die Verallgemeinerung der Gleichung (18) darstellt.

(Eingegangen 25. Mai 1901.)

Die Natur der Sonnenkorona.

Von R. W. Wood.[1])

Übersicht über eine Reihe von Versuchen, welche zur Aufklärung der noch nicht völlig erforschten Verhältnisse in der Sonnenkorona dienen können.

Lässt man Sonnenlicht von einem grossen Hohlspiegel auf eine Flamme fallen, so werden die Kohlenteilchen teilweise eigenes Licht, teilweise zerstreutes Sonnenlicht aussenden. Die entstehenden Spektra wurden für verschiedenartige Flammen untersucht. Es konnten so Fraunhofersche Linien von Violett bis in das Gelb erhalten werden, nicht aber solche grösserer Wellenlänge. Man kann daraus schliessen, dass die Teilchen zu klein sind, um Wellen von grösserer Länge zu zerstreuen bezw. zu beugen. Hieraus lässt sich eine befriedigende Erklärung für die Thatsache ableiten, dass in dem Spektrum der Sonnenkorona Wärmestrahlen nicht auftreten. Es bedarf eben nur der Annahme, dass die Teilchen zu klein sind, um Wärmewellen zu beugen.

Ausserdem wurde das Verhältnis des emittierten Lichtes zum reflektierten oder zerstreuten Lichte in dem Falle bestimmt, dass Körper durch intensive Sonnenstrahlung zur Weissglut gebracht wurden. Es ergab sich hierbei, dass das letztere das erstere bedeutend übertrifft, es stimmt dies überein mit der Thatsache, dass im Spektrum der Sonnenkorona die Fraunhoferschen Linien ganz fehlen oder doch wenigstens sehr schwach auftreten. Nach der Meinung des Verfassers wird das Fehlen der dunklen Linien eher bedingt durch die Änderung der Wellenlänge infolge der Bewegung im Visionsradius als durch das „Überfluten" von Licht, das seinen Ursprung in der hohen Temperatur hat und das kontinuierliche Spektrum liefert.

Einer von dem Verfasser ausgesprochenen Vermutung folgend, wurden erfolgreiche Versuche angestellt, welche bezweckten, die Fraunhoferschen Linien im Spektrum der Korona hervorzubringen. Stellt man vor dem Spalte des Spektralapparates ein Nicolsches Prisma geeignet auf, so muss die Intensität des emittierten Lichtes auf die Hälfte zurückgehen, während das zerstreute Sonnenlicht, da es ja polarisiert ist, nicht wesentlich geschwächt wird. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass Flammen unter verschiedenen Bedingungen von der Sonnenstrahlung beleuchtet wurden.

Zum Schlusse wird die künstliche Erzeugung einer totalen Sonnenfinsternis beschrieben, welche sich sehr geeignet erwies für vorläufige Versuche mit Polarisationsapparaten, welche zur Benutzung bei der Beobachtung einer Sonnenfinsternis bestimmt sind, mit Bezug darauf, dass ja das Licht der Korona radial polarisiert ist. Die diesbezüglichen Versuche lassen sich ausserdem zu Demonstrationen über die Farbe des Himmels anwenden.

(Aus dem Englischen übersetzt von Carl Forch.)

(Eingegangen 15. April 1901.)

Die Erzeugung eines Linienspektrums durch anomale Dispersion und die Anwendung hiervon auf das „flash-Spektrum".

Von R. W. Wood.[1])

W. H. Julius hat kürzlich in den Proceedings of the Royal Academy of sciences Amsterdam[2]) die geistreiche Vermutung ausgesprochen, dass das „flash-Spektrum" (Aufleuchten der umkehrenden oder emittierenden Gasschicht am

1) Ausführlich in Astrophys. Journ. **13**, 68, 1901.

1) Ausführlich in Astrophys. Journ. **13**, 63—68, 1901.
2) Siehe diese Zeitschrift **2**, 348—353 und 357—360, 1901

Sonnenrand), welches im Augenblick der Totalität einer Sonnenfinsternis auftritt, von dem Licht der Photosphäre herrühre, welches von den in der Sonnenatmosphäre enthaltenen Metalldämpfen anomal gebrochen wird, oder mit anderen Worten: dieses Spektrum habe seinen Ursprung nicht in der umkehrenden Schicht, sondern in der Photosphäre. Der Verfasser zeigt, dass das Licht, welches derart gebrochen wird, Wellenlängen haben muss, die im allgemeinen mit der Wellenlänge jener Strahlen übereinstimmen, welche die Metalldämpfe selbst auszustrahlen befähigt sind.

Es ist nun möglich, thatsächlich ein derartiges Spektrum durch eine Versuchsanordnung zu erhalten, welche sich möglichst eng den auf der Sonnenoberfläche herrschenden Verhältnissen anpasst, d. h. man kann von einer Lichtquelle, welche sonst nur ein kontinuierliches Spektrum aussenden kann, mit Hilfe der anomalen Brechung in selbst leuchtenden Metalldämpfen ein helles Linienspektrum erzeugen; es ist hierbei Voraussetzung, dass eine Atmosphäre von Metalldämpfen verwendet wird, in welcher sich der Brechungsexponent in nahe liegenden Schichten rasch ändert. Um dies zu erreichen benutzte ich einen mit metallischem Natrium beschickten Bunsenbrenner, dessen Flamme gegen die Unterfläche einer Gipsplatte schlug. Dieselbe war mithin von einer nicht homogenen Schicht Natriumdampfes umspült. Ein kleiner Fleck der Gipsplatte an dem einen Ende der Flamme war grell beleuchtet von einem durch einen grossen Spiegel reflektierten Sonnenstrahl. Dieser Fleck, welcher Licht nach allen Seiten hin ausstrahlt, stellte gleichsam die Photosphäre der Sonne dar. (Fig. 1.) Ein

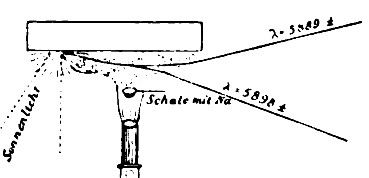


Fig. 1.

Fernrohr, vor dessen Objektiv ein geradsichtiger Prismensatz angebracht war, wurde gegen den hellen Fleck gerichtet und so gedreht, dass der leuchtende Fleck als schmaler Streifen in demselben erschien. Dann traten die Fraunhoferschen Linien im Spektrum auf. Man kann so jenen Augenblick einer Sonnenfinsternis nachahmen, in welchem nur noch ein schmaler sichelförmiger Rand der Sonne sichtbar ist. (Das Bild der Natriumflamme lagert sich natürlicherweise über das Spektrum.) Verschiebt man das Spektroskop, bis es sich in der Ebene der leuchtenden Platte befindet, und bringt man frisches Natrium in die Flamme, so verschwindet plötzlich das Sonnenspektrum und zwei schmale, helle, gelbe Linien leuchten auf, fast genau an der Stelle der Natriumlinie, wie aus Fig. 2 her-

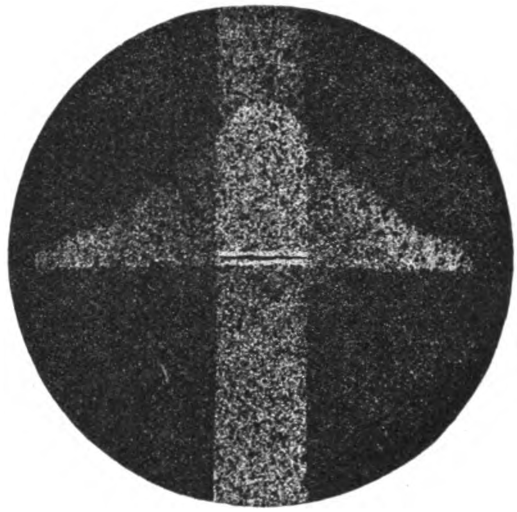


Fig. 2.

vorgeht, wo sich das umgekehrte Bild der Natriumflamme über das kontinuierliche Spektrum legt. Schaltet man durch einen Schirm das Sonnenlicht aus, so verschwinden die Linien sofort. Die hellen Linien waren gegenüber den dunklen Linien nach der Seite der brechbareren Strahlen verschoben, woraus sich ergiebt, dass für das anomal gebrochene Licht der Brechungsexponent des Metalldampfes kleiner als Eins ist. Die Versuchsanordnung wurde alsdann derartig abgeändert, dass an Stelle des von dem Sonnenlicht beleuchteten Fleckes ein horizontaler Spalt benutzt wurde, auf welchen Licht einer Bogenlampe fiel. Durch passend angeordnete Schirme war es möglich, die dunklen Linien entweder nach der Seite des roten oder blauen Endes des Spektrums hin zum Aufleuchten zu bringen. Es gelingt so in der von Julius vermuteten Weise mit Hilfe der anomalen Dispersion künstliche Protuberanzen zu erzeugen. Ein fast nicht leuchtender Strahl von Natriumdampf wird in dem Fernrohre, welches mit einem Prismensatz versehen ist, zur scharf begrenzten und grell leuchtenden gelben Flamme, ein ähnliches Bild darbietend wie ein Strom erwärmter Luft in Töplers Schlierenapparat.

Dieselben Erscheinungen konnten mit Kalium und Thallium erhalten werden, während Versuche mit anderen Metallen bis jetzt zu keinem Resultate führten.

(Aus dem Englischen übersetzt von Carl Forch.)

(Eingegangen 15. April 1901.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Photographie.

Von Karl Schaum.

Wenn wir der wissenschaftlichen Photographie die doppelte Aufgabe zuerteilen, einmal die physiko-chemischen Grundlagen der photographischen Vorgänge aufzuklären, und andererseits die photographischen Hilfsmittel und Methoden zu vervollkommnen, so lässt sich nicht verkennen, dass die Errungenschaften auf dem letzteren Gebiete diejenigen auf dem ersteren erheblich übertreffen. Denn während wir über Hilfsmittel von ausserordentlicher Leistungsfähigkeit und über Methoden von ausgezeichneter Exaktheit verfügen, welche die Photographie zu einem unentbehrlichen und geachteten Hilfsmittel in fast allen Zweigen menschlicher Forschung erhoben haben, herrschen über die den photographischen Verfahren zu Grunde liegenden physikalisch-chemischen Vorgänge noch mancherlei Unklarheiten und Meinungsverschiedenheiten. Zwar hat es zu keiner Zeit an eifriger Erforschung dieses Gebietes gefehlt; doch sind allgemeinere Gesichtspunkte erst in den letzten Jahren gewonnen worden, als man anfing, die Lehren der physikalischen Chemie, wie besonders das Massenwirkungsgesetz und die Grundlagen der Elektrochemie auf die photographischen Prozesse anzuwenden.

Eine wertvolle Unterstützung hatte die photographische Forschung durch die Gründung des Archivs für wissenschaftliche Photographie[1]) erhalten, welches den bisher in zahllosen Fachzeitschriften zersplitterten Forschungsergebnissen eine willkommene Sammelstätte bot, durch ein sorgfältig bearbeitetes und übersichtlich angeordnetes vielseitiges Repertorium den Überblick über das Gebiet der wissenschaftlichen Photographie und die angrenzenden Fächer wesentlich erleichterte und bereits zu mancher wichtigen Untersuchung angeregt hat, die sonst das Licht der Welt vielleicht noch nicht so bald erblickt hätte. Nachdem nun vor kurzem das Archiv leider aufgehört hat zu erscheinen, ist der wissenschaftlichen Photographie in der Physikalischen Zeitschrift von den Herausgebern in liebenswürdigster Weise eine Heimstätte dargeboten worden, so dass jenes wichtige Forschungsgebiet auch fernerhin eine förderliche Sammelstelle für Originalmitteilungen und Referate besitzt.

Im folgenden soll versucht werden, zunächst die wichtigsten neueren Fortschritte auf dem Gebiet der photographischen Physikochemie zusammenzufassen.

1) Herausgegeben von Dr. E. Englisch-Stuttgart. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. S.

Untersuchungen an bindemittelfreien photographischen Schichten.

Die Wirkung des Lichtes auf Silbersalze ist von Scholl[1]) und von Luther[2]) an Schichten, welche durch Jodierung von Silberspiegeln, resp. durch langsame Sedimentation von Chlor- und Bromsilber auf Mattglas erhalten waren, eingehend untersucht worden. Luther hat den Beweis erbracht, dass die Wirkung des Lichtes auf Chlor- und Bromsilber zu den umkehrbaren photochemischen Prozessen gehört, bei denen das Licht den vorhandenen chemischen Spannkräften entgegenwirkt, also Arbeit leistet. Im Dunkeln muss demnach die durch das Licht erzeugte Änderung wieder zurückgehen. Es entspricht demnach bei genügend langer Einwirkung jeder Belichtungsintensität ein wohldefinierter von beiden Seiten zu erreichender Gleichgewichtszustand mit bestimmtem Halogenpotential.[3]) Nach Luthers Versuchen ist es ferner sehr wahrscheinlich, dass das latente entwickelbare, sowie das nach langer Belichtung sichtbare Bild bei bindemittelfreien Schichten aus Subhaloid von der Zusammensetzung $Ag_2 X$ (oder $Ag_4 X_2$) besteht. Die Herstellung dieser Verbindungen scheint auch gelungen zu sein[4]) und wird die durch Luther erfolgte Festlegung der Halogenpotentiale derselben sowie auch der normalen Haloide sich für die wissenschaftliche Bearbeitung des Entwickelungsvorganges u. s. w. von Wert erweisen. Von anderen Ansichten über die Natur der durch Licht getärbten Silberhaloide seien erwähnt die Vermutung von Lorenz[5]), dass es sich um feste Lösungen von Silber in Halogensilber handele, sowie die Auffassung von Lüppo-Cramer[6]), dass die Färbung nur auf einer Physikalischen Änderung der Silbersalze beruhe. Über die durch Licht gefärbten Silberhaloide sind also die nämlichen Ansichten ausgesprochen worden, wie über die durch Kathodenstrahlen (oder Metalldämpfe) gefärbten Alkalihaloide.

1) Wied. Ann. 68, 163, 1899; Archiv f. wiss. Phot. 1, 249, 1899.
2) Zeitschr. f. phys. Chem. 30, 628, 1900; Archiv für wiss. Phot. 2, 35, 59, 1900; vgl. diese Zeitschr. 1, 343, 1900.
3) Von diesem Gesichtspunkt aus sind auch die Beobachtungen von Cordier von Löwenhaupt zu betrachten; Eders Jahrbuch 1900, 253; Monatshefte f. Chemie 21, 184 und 665, 1899.
4) Vgl. auch O. Vogel, Phot. Mitt. 36, 334, 1899 Archiv f. wiss. Phot. 2, 23, 1900.
5) Zeitschr. f. Elektrochemie 7, 280, 1900.
6) Phot. Corr. 1901, S. 25.

Beim Jodsilber ist die Bildung eines Subjodides noch nicht nachgewiesen, aber immerhin wahrscheinlich. Jedenfalls verläuft aber bei der Belichtung neben dieser Reduktion ein anderer eigentümlicher Vorgang: Jodsilberschichten trüben sich nämlich bei kräftiger Belichtung, und zwar nach Scholls Versuchen schneller in einer Sauerstoff- oder Jodatmosphäre, als in anderen Medien. Eine Jodabspaltung kann demnach der Trübung nicht zu Grunde liegen, vielmehr handelt es sich nach Scholl um einen mechanischen Auflockerungsprozess, welcher durch Sauerstoff resp. Jod katalytisch beschleunigt wird. Ähnliche Auflockerungs- und Zerstäubungsprozesse im Lichte sind bekanntlich auch bei einzelnen anderen Verbindungen beobachtet worden.[1])

Untersuchungen an bindemittelhaltigen photographischen Schichten.

Die Herstellung bindemittelhaltiger Schichten geschieht bekanntlich durch Fällen des halogensalzhaltigen Mediums mittels Silbernitratlösung. Gelatineemulsionen werden nach dem Fällen und Auswaschen dem sogenannten Reifungsprozess unterworfen, welcher in der Kälte ziemlich langsam, schneller dagegen, besonders bei Gegenwart von Ammoniak, in der Wärme verläuft. Die Frage, welche Umstände die im Vergleich zu ungereiften und anderen photographischen Schichten (ausserordentliche Lichtempfindlichkeit gereifter Gelatineemulsionen) bedingen, ist noch nicht einwandsfrei beantwortet. Folgende Umstände und Vorgänge sind zur Erklärung herangezogen worden.[2])

1. Während des Reifungsvorganges findet eine erhebliche Kornvergrösserung des zunächst sehr fein verteilten amorphen Bromsilbers statt, weil die schwerer löslichen grösseren Partikel auf Kosten der kleineren wachsen. Die mit der Kornvergrösserung verbundene beträchtliche Erhöhung der Lichtabsorption muss eine entsprechende Steigerung der Lichtempfindlichkeit zur Folge haben; dass dieser Umstand jedoch nicht allein die hohe Empfindlichkeit bedingt, geht aus der geringen Lichtempfindlichkeit anderer stark absorbierender, z. B. bindemittelfreier, Schichten hervor.

2. Die Gelatine ist befähigt, als chemischer Sensibilisator zu wirken, indem sie sich mit dem beim Belichten freiwerdenden Halogen verbindet und so dessen Potential verringert. Aus diesen Betrachtungen folgt die Möglichkeit verschiedener Empfindlichkeit bei gleicher Korngrösse, aber verschiedenem Bindemittel, und umgekehrt bei verschiedener Korngrösse und gleichem Bindemittel.

3. Während des Reifungsvorganges (ebenso noch in der fertigen Schicht) kann eine — wenn auch nur ganz geringe — Reduktion des Bromsilbers durch Gelatine erfolgen, deren Endprodukt die später durch Belichtung eintretende Reduktion verstärken muss.[1]) Da auch andere Silbersalze, z. B. Silbernitrat, durch Gelatine zu (kolloidalem) Silber reduziert werden, und bei Bromsilberemulsionen leicht ein „Überreifen" eintritt, welches sich durch Schleierbildung beim Entwickeln anzeigt, hat die Annahme einer geringen Reduktionswirkung viel Wahrscheinlichkeit; allerdings spricht die Beobachtung dagegen, dass gelatinereiche Emulsionen langsamer reifen, als gelatinearme; auch scheint nach meinen Versuchen die Empfindlichkeit einer Platte durch Behandeln mit saurer Ammoniumpersulfatlösung nicht wesentlich beeinträchtigt zu werden, während die durch Erwärmen auf 80^0 leicht zu erzielende Überreifung rasch zerstört wird.

Sehr schwer zu erklären ist die Angabe von Lobry de Bruyn[2]), dass Bromsilberkieselgallerte empfindlicher sein soll, als gereifte Gelatineemulsion; denn bei Kieselsäure als Bindemittel fehlt die Möglichkeit chemischer Sensibilisierung ebenso wie diejenige chemischer Reifung.

Die übliche Annahme[3]) verschieden empfindlicher Modifikationen des Bromsilbers in den einzelnen photographischen Schichten, sowie in den verschiedenen Reifungsstadien ist nicht haltbar, da es sich immer um amorphes Bromsilber handelt. Dasselbe könnte höchstens fremde Substanzen in verschiedenem Masse gelöst enthalten; jedenfalls muss man aber beachten, dass der freiwillig verlaufende Reifungsprozess zur Bildung weniger empfindlicher Modifikationen führen müsste, wie auch mit der Kornvergrösserung überhaupt an und für sich eine Abnahme der Reaktionsfähigkeit verknüpft ist, welche aber durch die Erhöhung der Lichtabsorption u. s. w. überkompensiert wird.

Die Lichtdurchlässigkeit der gereiften Schicht ist von Gaedicke[4]) untersucht worden; er fand die Transparenz (d. h. das Verhältnis der durchgelassenen Lichtmenge zur auffallenden) gleich $^5/_{18}$ für die Schicht eines Films. Etwas andere Zahlen fand Abney[5]), welcher gleichzeitig die spektrale Durchlässigkeit untersuchte und dieselbe für blau am grössten, für grün am geringsten fand. Beide

1) Vgl. Eder, Handbuch d. Phot. **1**, (2), 156 f., 1891.
2) Vgl. dazu die betreffenden Kapitel in Eders Handbuch, sowie die neueren Arbeiten von Abegg, Luther u. a.

1) Abegg, Archiv f. wiss. Phot. **1**, 15, 114, 1899; Luther, Chemische Vorgänge in der Photographie, S. 58 ff., 1899. Halle a. S. (W. Knapp.)
2) Rec. d. trav. chim. d. P.-B. et d. l. Belg. **19**, 236, 1900.
3) Vgl. z. B. Lüppo-Cramer, Phot. Corr. 1901, S. 11.
4) Eders Jahrbuch 1900, S. 5.
5) Eders Jahrbuch 1900, S. 302.

Forscher geben sachgemäss an, dass die Empfindlichkeit abhängig ist von Schichtdicke, Korngrösse und Verhältnis der Menge des Bromsilbers zur Gelatine.

Die Natur des latenten Bildes bei bindemittelhaltigen Schichten ist in der letzten Zeit der Gegenstand einer äusserst lebhaften Diskussion gewesen; vornehmlich sind folgende drei Theorien verteidigt worden:

1. Die Subhaloidtheorie, welche vor Jahren von Eder[1]) aufgestellt worden ist, und eine Reduktion des Bromsilbers durch das Licht zu Subbromid, also für bindemittelhaltige Schichten dieselbe latente Bildsubstanz annimmt, die Luther neuerdings für bindemittelfreie Schichten nachgewiesen hat.

2. Die Silberkeimtheorie von Abegg[2]), welche vor der Mitteilung der Lutherschen Versuche an Stelle der damals sehr hypothetischen Subhaloidtheorie vorgeschlagen wurde und wegen der leichten Reduzierbarkeit von Silbersalzen zu Silber durch organische Substanzen wahrscheinlich erschien.

3. Die Strukturtheorie, besonders von Bredig[3]), Englisch[4]) und Lüppo-Cramer[5]) vertreten, welche nur eine physikalische Änderung des Bromsilbers annimmt. Die Natur der „physikalischen Änderung" muss aber näher definiert werden, will man nicht Worte setzen, wo die Begriffe fehlen; und zwar ist zu beachten, dass das Licht einen mit Zunahme der freien Energie verknüpften umkehrbaren Vorgang herbeiführen muss, damit ein reaktionsfähigeres Bromsilber resultiert. Als solche kämen nur in Betracht: 1. eine Zerstäubung, welche von Bredig und von Englisch diskutiert worden ist, 2. eine Aufspeicherung von Lichtenergie im Bromsilber, analog derjenigen in den Leuchtfarben; da jedoch bei den Silberhaloiden weder Phosphoreszenz noch Thermolumineszenz beobachtet worden ist, hat letztere Annahme kaum Wahrscheinlichkeit.

Ein Entscheid zwischen den drei Theorien ist wegen der selbst bei langer Belichtung äusserst geringen Menge des veränderten Bromsilbers sehr schwierig. Gegen die Strukturtheorie sprechen meines Erachtens die Zerstörbarkeit des latenten Bildes durch Salpetersäure, sowie die Möglichkeit der Bildentwickelung mit silbersalzhaltigem Entwickler nach primärer Fixierung; die Annahme, dass durch Belichten zerstäubtes (oder dergl.) Bromsilber in Salpetersäure löslich sei und mit Thiosulfat anders reagiere, als unbelichtetes, hat aus chemischen Gründen keine Wahrscheinlichkeit. Gegen die Silberkeimtheorie spricht der Umstand, dass das latente Bild nur sehr langsam durch Salpetersäure zerstört wird; wenn auch ein Teil Silber ist, so besteht ein anderer sicher aus widerstandsfähigerem Material; die Silberkeimtheorie in ihrer strengen Fassung muss also aufgegeben werden; ihre Aufstellung ist aber insofern von Nutzen gewesen, als sie zu einer lebhaften Diskussion und zu zahlreichen wichtigen Versuchen angeregt hat. Am einfachsten scheint daher die Annahme, dass die latente Bildsubstanz wenigstens zum grossen Teil aus Subhaloid besteht.

(Schluss folgt.)

1) Eders Handbuch **2**, 29, 1897; vgl. Jahrbuch 1900, S. 80.

2) Archiv f. wiss. Phot. **1**, 15, 268, 1899.

3) Eders Jahrbuch 1899, S. 363; Archiv f. wiss. Phot. **1**, 40, 1899.

4) Archiv f. wiss. Phot. **1**, 282, 1899; **2**, 233, 1900; Litteraturzusammenstellung siehe Archiv f. wiss. Phot. **2**, 9, 1900; ferner **2**, 52 ff., 1900.

5) Phot. Corr. 1901, S. 1.

REFERATE.

Elektrochemie.

Besorgt von Privatdozent Dr. A. Coehn.

Bericht über die VIII. Hauptversammlung der Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft in Freiburg i. B. vom 17.—20. April 1901.

Nachdem sich die Mehrzahl der Teilnehmer am Abend des 17. April im Saale des Kaufhauses zu einem gemütlichen Begrüssungsfeste vereinigt hatte, wurden die Verhandlungen der Gesellschaft am Morgen des 18. April durch ihren Präsidenten van't Hoff (Berlin) im Hörsaale des physiologisch-chem. Institutes eröffnet; dabei wurde des im letzten Monate verschiedenen Forschers Raoult ehrend gedacht. Nach der üblichen Begrüssung von seiten der Ortsbehörde ergriff Geh.-Rath W. Ostwald (Leipzig das Wort zu einer Gedächtnisrede an Bunsen, in welcher er dessen wichtigste Arbeiten anführte, deren Bedeutung er scharf charakterisierte. Im Schlusse seiner Rede betonte er es nachdrücklich, dass Bunsens Arbeiten mit einer einzigen Ausnahme (über die Kakodyloxyde) Gebiete der physikalischen Chemie zum Gegenstande hatten; und da es, wie er weiter auseinandersetzte, von Vorteil sei, Zweck und Ziel der Gesellschaft zu erweitern, der gesamten physikalischen Chemie Raum zu geben, stellte er den Antrag, sie solle sich unter dem neuen Namen „Deutsche Bunsen-Gesellschaft" konstituieren. — Vorsitzender van't Hoff macht die Mitteilung, dass über diesen Antrag in einer

ausserordentlichen Versammlung, welche zur Zeit des Naturforscher-Kongresses in Hamburg tagen soll, ein Beschluss gefasst werden wird. Sodann führt

R. Abegg (Breslau) eine neue Methode zur Bestimmung der Ionenbeweglichkeiten vor, welche eine Vereinfachung des Arbeitens und der Apparatur bei grosser Genauigkeit bezweckt. Schichtet man nämlich zwei Elektrolyten, welche ein gemeinsames Ion besitzen, etwa KCl und $LiCl$, übereinander, und sendet den elektrischen Strom durch dieselben, so wird eine Verschiebung der Grenze infolge der verschiedenen Beweglichkeit der K- und Li-Ionen resultieren. Zur Messung wird die Anordnung derartig getroffen, dass die spezifisch schwerere Lösung den unteren Teil eines U-förmigen Gefässes einnimmt, während die andere die Schenkel erfüllt. Die refraktometrische Ablesung der Grenzen ergiebt das Verhältnis $\frac{u}{v}$, woraus durch Rechnung $\frac{u}{u+v}$ leicht zu ermitteln ist. Vortr. führt Zahlen an, welche nach dieser Methode gewonnen wurden, deren Abweichungen selten $\frac{1}{2}$ Prozent betragen, und bemerkt, dass wir hierin einen Beweis dafür zu sehen hätten, dass die Grenze wirklich von den äussersten Ionen gebildet wird.

G. Bredig (Leipzig) stellt die Thatsache fest, dass H_2O_2 eine Säure sei, eine Ansicht, die zwar immer wieder aufgetaucht war, für die aber ein exakter Beweis noch ausstand, der nun auf folgende Weise erbracht wird:

$\frac{1}{4}$ normale $NaOH$-Lösung erfuhr durch Zusatz von H_2O_2 keine Siedepunktsänderung, während eine solche bei Anwendung von reinem Wasser zu beobachten war; dies deutet darauf hin, dass H_2O_2 mit Alkalien in wässeriger Lösung Salze bildet und wird durch die Messung der Verseifungsgeschwindigkeit von Äthylacetat bestätigt, die ja der Konzentration an OH-Ionen proportional ist. Die Verseifung wurde durch $NaOH$-Lösung in 18 Minuten erreicht und nahm beim Versetzen einer gleichen Lösung mit H_2O_2 unter sonst gleichen Bedingungen 118 Minuten in Anspruch. Aus der Verminderung der Leitfähigkeit von $LiOH$, $NaOH$, KOH, $RbOH$. $AsOH$, ergab sich für die Ionenbeweglichkeit des betreffenden H_2O_2 Ions die Zahl 45 als Mittel (die Zahlen schwanken zwischen 44 und 46). Dass H_2O_2 in alkalischer Lösung wirklich als Anion fungiert, wird durch eine Elektrolyse von besonderer Anordnung unzweideutig festgestellt.

Koelichen (Clausthal) berichtet über eine von ihm beobachtete sonderbare periodische Stromschwankung, welche bei der Elektrolyse von Sulfiden in Schwefelammonium zwischen Platinelektroden dadurch hervorgerufen wird, dass sich zeitweise Schwefel in weissen Wolken abscheidet und die Elektrode beschlägt, dann wieder unter Bildung von Polysulfiden löst u. s. f. Ein Registrierapparat gestattet es, die Stromschwankung graphisch festzuhalten.

F. Winkler (Darmstadt): Ueber Perchlorate. Die Bildung von $NaClO_4$ steigt mit der Stromstärke und nimmt mit der Temperatur ab.

Klingelfuss (Basel) demonstriert einen neuen Funkeninduktor von grossen Dimensionen. Der primären Spule ist eine beliebig veränderliche Kapazität parallel geschaltet, der Draht in Rollen erst übereinander, dann nebeneinander gewickelt. Aus der Formel $\Delta = \frac{I.10^6}{\pi p K}$, worin I die Intensität, K die Kapazität, Δ die Spannung bedeutet, ergiebt sich, dass man bei gleichgehaltener Kapazität die Funkenlänge durch Erhöhung der Stromintensität steigern kann, durch Erhöhung der Kapazität aber nur bei gleichzeitiger Erhöhung der Stromintensität Funkenlänge und -Stärke erhöhen kann. Der demonstrierte Apparat war von 1 m Schlagweite.

Elbs (Giessen) berichtet über die elektrolytische Reduktion von Ketonen. Bei Anwendung von Bleielektroden lassen sich sämtliche Ketone reduzieren (Pt-, Cu-, Zn-Elektroden führen zu keinem Resultate), während es auf rein chemischen Wege (Reduktion mit Zn-Staub und Eisessig) nur gelang, rein aromatische Ketone leicht zu reduzieren, gemischte Ketone auf diesem Wege schwer, aliphatische gar nicht in Reaktion gebracht wurden. Man erhält im allgemeinen ein Gemisch von Pinakonen, doch gelang es, eine gute präparative Methode zur Darstellung von β-Pinakolin auszuarbeiten.

Riesenfeld (Göttingen) verfolgt die Verhältnisse, welche sich bieten, wenn ein Ion von einem Lösungsmittel in ein anderes geht. Es zeigt sich, dass hierbei die Geschwindigkeit der Ueberführung geändert wird, der zufolge an den Grenzflächen Konzentrationsänderungen auftreten. So resultiert an der Eintrittsstelle eine Vermehrung, an der Austrittsstelle eine Verminderung der Konzentration (oder vice versa) wie es für farbige Ionen demonstriert wird. Die rechnerische Verfolgung des Vorganges ist im Auszuge nicht wiederzugeben.

Crotogino (Clausthal) berichtet über die Elektrolyse von Amiden mit Quecksilberkathode in Form eines Quecksilberstrahles. Es bildet sich erst das betreffende Ammoniumamalgam, welches vom Hg mitgenommen und durch Säuren rückwärts zerlegt wird; so gelingt es, Dimethylaminsalze über das Amalgam in Monomethylamin überzuführen; höher substituierte und kompliziertere Amide liefern kein Amalgam.

E. Cohen (Amsterdam) bestimmt die theoretische Lösungswärme, indem er zwei Zellen, deren eine mit einer gesättigten Lösung etwa von Thalliumsulfat, deren andere mit einer äusserst verdünnten Lösung des gleichen Salzes beschickt ist, gegeneinander schaltet. Aus der

Helmholtzschen Gleichung $Ee = \frac{Ec}{ne_0} + T \frac{de}{dt}$, worin $\frac{Ec}{ne_0} = - Lf + W$, die Summe der theoretischen negativen und der gewöhnlichen Lösungswärme bedeutet, ergiebt sich dann $- Lf = Ec - T \frac{de}{dt} - W$, in welchem auf der rechten Seite der Gleichung alles bekannt ist. Polarisation erschwert die Messung. In der Diskussion wendet Nernst ein, die Methode könnte nur dann zu richtigen Werten führen, wenn die konzentrierte Lösung durch Anwesenheit festen Salzes als konstant erachtet werden kann.

Le Blanc (Karlsruhe) theilt Beobachtungen mit, die er an Diaphragmen gesammelt hat und zeigt neue Diaphragmen, deren Masse die Zusammensetzung 75 Proz. SiO_2, 23 Proz. Al_2O_3 etwa 2 Proz. Alkali hat, sich aber durch Feinporigkeit und Stromdurchlässigkeit auszeichnet. Der Spannungsverlust, der bisher mindestens 0,40 Volt (bei einer Stromdichte von 300 in 10 Proz. SH_2O_4) betrug, kann mittels der neuen Membran auf 0,17 Volt herabgesetzt werden. Aus den gefundenen Daten ergiebt es sich, dass zwischen der Durchlässigkeit (für die gelösten Salze) und dem elektrischen Widerstande eines Diaphragmas keine Parallellität besteht, ferner dass bei gleicher Querschnittsoberfläche der Summe aller Poren die feinporigen Massen für Salze weniger durchlässig sind.

Neumann (Darmstadt) berichtet über die Eigenschaften elektrolytisch gewonnenen reinen Chroms, welches mittels Kohle oder Bleielektroden (Platin und Messing eignen sich schlechter, wegen des leichten Abfallens des abgeschiedenen Chroms) aus dem Chlorid, Sulfat oder Acetat dargestellt wurde. Das Metall zeigt schaligen Bruch, ist hart und sehr spröde. Im frisch gewonnenen Zustand aktiv, wird es schon durch Abwaschen mit Wasser teilweise passiviert, wie es den Beobachtungen Hittorfs entspricht. Periodische Erscheinungen bei der Auflösung wurden nicht beobachtet, doch schreibt Ostwald selbst deren Auftreten der Anwesenheit geringer Verunreinigungen zu.

W. C. Heräus (Hanau) zeigt neue Platinelektroden, welche erhalten werden, indem man eine einseitig zugeschmolzene Glasröhre mit Platindrähten durchsetzt, an welche eine dünne Platinfolie als Lamelle angeschweisst wird. Der Kontakt wird durch eingegossenes Quecksilber in der Röhre hergestellt. Auf diese Weise gelingt es, sehr dünnes Platinblech zu verwenden und mit 100 g Platin eine wirksame Oberfläche von 1 m^2 zu erhalten.

R. v. Lieben (Göttingen) demonstriert einen elektrolytischen Phonographen, dessen Beschreibung aus Nr. 40 der Elektrochem. Zeitschr. bereits bekannt ist, nachdem Nernst zu der Demonstration einleitende Worte gesprochen hat.

Bose (Breslau) stellt einige neue Werte für die Knallgaskette zusammen.

Autor	Spannung	
Smee . . .	1.073 Volt	bei Säuren
„ . . .	1.094 „	bei Basen
Bose . . .	1.106 „	
Wilsmore	1.121 „	

Besonders sorgfältige Messungen liefern ihm zum Schlusse

Bose 1.1242 } 25° 760 mm
1.1542 }

Mittel 1.1392 Volt

aus derselben berechnet sich für die freie Bildungsenergie des Wassers 32654 ± 693 Kal.

Sauerstoff- und Chlorgaselektroden sind lichtempfindlich, Wasserstoff unempfindlich, als Elektrodenmetall wurde Gold verwendet.

V. Rothmund (Göttingen) berichtet über Studien zur Löslichkeitsbeeinflussung (nach Versuchen von Wilsmore). Das Daltonsche Gesetz auf verdünnte Lösungen übertragen, würde verlangen, dass die Löslichkeit durch Zufügen fremder Salze nicht beeinflusst wird; dies stimmt jedoch in beobachteten Fällen nicht zu. Thermodynamisch lässt sich der Grad der Beeinflussung berechnen und ableiten, dass die Beeinflussung eine gegenseitige sein muss. Untersucht wurde die Löslichkeitsbeeinflussung eines Elektrolyten (K_2SO_4) durch einen Nichtelektrolyten, (Phenol). Messung und Rechnung stimmen auf 5 Prozent miteinander überein.

A. Coehn (Göttingen) berichtet über das elektrochemische Verhalten des Acetylens, welches er in Gemeinschaft mit J. Billitzer untersucht. Acetylen wirkt in Kalilauge und Schwefelsäure als anodischer Depolarisator, wobei im ersten Falle Ameisensäure, im zweiten Essigsäure (unter intermediärer Bildung von Acetaldehyd) gebildet wird. Bei entsprechend gewählter Spannung verläuft der Vorgang quantitativ (die Analysen stimmen auf 100). In saurer Lösung ist bei Anwendung von Halogenen nur eine Depolarisation von 0.01—1.02 Volt an der Anode zu beobachten, doch wird dieselbe durch Zusatz von PBr_3 bedeutend erhöht. PBr_3 für sich giebt keine Depolarisation, ebensowenig H_3PO_3; $FeCl_3$, $FeBr_3$, $AlCl_3$, roter Phosphor etc. wirken nicht als Katalysatoren. Schwefel nur für Jod.

v. Steinnehr (Clausthal) sucht die Abweichungen vom Massenwirkungsgesetz durch den Druck, der infolge der Elektrostriktion auftritt, zu erklären.

Ein Ausflug in die Umgebung Freiburgs am Nachmittage des 19. und die feierliche Niederlegung eines Kranzes am Grabe Bunsens in Heidelberg am Morgen des 20. April bildeten den Schluss der Vereinigung. J. Billitzer.

(Eingegangen 8. Mai 1901.)

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 37. 15. Juni 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über falsche Spektren von Rowlandschen Konkavgittern.

Von Theodore Lyman.[1])

Im folgenden soll gezeigt werden, dass unter den von einem Rowlandschen Konkavgitter gelieferten Spektren solche sind, die nicht in der gewöhnlichen Theorie der Gitter ihre Begründung finden. Diese Spektren kommen häufig vor, manchmal ziemlich stark und sind von einer vorzüglichen Definition. Es sind Diffraktionsspektren von viel kleinerer Dispersion als die gewöhnlichen bekannten Spektren und kommen Fehlern in der Teilung zu, die nicht lokaler Art sind, sondern sich über die ganze Oberfläche des Gitters erstrecken. Es soll schliesslich noch eine experimentelle Methode auseinandergesetzt werden, nach der diese falschen Linien aus den regelrecht vorkommenden, der Rechnung entsprechenden Spektren ausgeschieden werden können. Diese Linien sind speziell gefährlich in spektral-analytischen Beobachtungsserien, da sie eine ziemlich systematische Wiedergabe von starken Linien und Gruppen bilden, die in Wirklichkeit nicht existieren. Dass infolgedessen früher Fehler begangen wurden, ist als wahrscheinlich, sogar als ziemlich gewiss anzunehmen.

Auf die Gefahr der falschen Spektren wurde ich aufmerksam gemacht, gelegentlich eines Versuches, die Wellenlängen der von Schumann mit dem Vakuumspektrographen im äussersten Ultraviolett entdeckten Linien mittels eines Konkavgitters zu bestimmen.

Das Gitter von 6 Fuss Krümmungsradius, der Spalt und die lichtempfindliche Platte waren in ein eisernes Gehäuse luftdicht eingebaut. Das Gitter war fest aufgestellt, der Plattenhalter war beweglich an einem Arm zwischen Gitter und Spalt befestigt. Licht konnte durch ein Fluoritfenster eintreten. Die Lichtquelle bildete ein kräftiger elektrischer Funke zwischen Magnesiumspitzen. Die Luft wurde nach Schumanns Vorgang aus dem Gehäuse entfernt und die Lichtquelle so dicht vor das Flussspatfenster gebracht, dass die Luftschicht zwischen ihr und der Platte eine möglichst kurze wurde. Unter diesen Verhältnissen wurden Photogramme erhalten von zahlreichen Linien, deren Wellenlängen dem Anscheine nach kleiner als 92,4 $\mu\mu$ waren, also noch unter der von Schumann beobachteten kürzesten Wellenlänge lagen. Bei Anwendung von Aluminium-, Cadmium-, Kobalt-, Nickel- und Kupferelektroden ergaben sich Linien unter 150 $\mu\mu$; einige zeigten Linien in der Gegend von 95,0 $\mu\mu$ auf der Photographie. Bei diesen Versuchen war der Luftdruck im Apparat nicht stets derselbe. Einige Aufnahmen wurden gemacht bei einem Druck von 1 cm, andere bei 0,2 cm. Diese Druckdifferenzen hatten keinen Einfluss auf die Stärke der Linien.

Bei diesen Versuchen wurde das erste Spektrum verwandt. Beim Versuche, dieselben Linien im zweiten Spektrum zu ermitteln, wurde trotz der grössten Sorgfalt keine Spur derselben unter 190 $\mu\mu$ gefunden.

Die Abwesenheit der Linien im zweiten Spektrum, und ihr Verhalten bei kleinen Luftdruckdifferenzen, liessen die Vermutung aufkommen, dass entweder die Linien nicht vom Lichte der sehr kleinen Wellenlängen herkamen oder dass das ganz kurzwellige Licht durch Luft nicht in dem von Schumann angegebenen Bereiche absorbiert wird.

Um diese Vermutung zu prüfen, wurde die Lichtquelle bis auf einen Meter vom Flussspatfenster entfernt. Diese Luftsäule schwächte die Intensität der neuen Linien nicht. Dann wurde Luft in den Apparat gelassen, die Intensität der Linien blieb unbeeinflusst, sogar durch eine

1) Ausführlicher in The Physic. Rev. 12, 1—14, 1901.

Luftsäule von 5 m Länge. Auf keinen Fall wurden die Linien absorbiert. Da die verwandte photographische Platte speziell fürs äusserste Ultraviolett empfindlich war, wurde noch eine Anzahl anderer Platten untersucht. Bei jeder wurde eine gute Aufnahme erhalten, die im allgemeinen alle Linien zeigte.

Wenn ein Stück Fensterglas zwischen Spalt und Lichtquelle gebracht wurde, wurde keine Spur von den Linien gefunden. Da das Licht, von dem die Linien stammen, von Glas absorbiert wird, aber nicht von Luft, so scheinen seine Wellenlängen zwischen 330 $\mu\mu$ und 180 $\mu\mu$ zu liegen, entsprechend dem Absorptionsvermögen dieser beiden Medien, welches man gewöhnlich annimmt.

Es wurde gefunden, dass die Gruppen bei 279 $\mu\mu$, 187,3 $\mu\mu$ und 92,4 $\mu\mu$ auf jeden Fall kräftig und gleichartig vorhanden waren. Bei der Ermittelung ihrer Dispersionen stellte sich heraus, dass sie proportional waren den Verschiebungen der Gruppen vom Spalt. Sie waren daher entweder eine bemerkenswerte Reproduktion einer Serie oder verdankten einer bis jetzt noch nicht entdeckten Diffraktionserscheinung ihren Ursprung. Daraus ergab sich die Folgerung, dass diese Linien entweder wirkliche zum ersten Spektrum gehörige, den Wellenlängen 92,4 $\mu\mu$, 187,3 $\mu\mu$ und 279 $\mu\mu$ entsprechende sein konnten, die in 1, 2, 3 Serien auftraten, oder dass, durch Licht von irgend einer Wellenlänge erzeugt, ihr Auftreten in einer mit dem Gitter zusammenhängenden Diffraktionserscheinung seinen Grund haben konnte.

Um zwischen diesen Alternativen zu entscheiden, wurde versucht, die relative Brechbarkeit dieser Linien in Quarz zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurde ein Quarzprisma mit kleinem brechenden Winkel zwischen Spalt und Gitter in einen kleinen Abstand vom Spalt gebracht. Das Prisma erzeugte virtuelle Spaltbilder, deren Verschiebung nahe proportional der Brechbarkeit des Lichtes war. Hierbei ergab sich, dass jede Linie des Gitterspektrums um einen der Brechbarkeit des betreffenden Lichtes proportionalen Betrag verschoben wurde.

Wenn die Linien bei 187,3 $\mu\mu$ und 92,4 $\mu\mu$ von Licht derselben Wellenlänge herrührten, mussten ihre Verschiebungen die gleichen sein. Verschieden mussten sie sein, wenn sie durch verschiedene Wellenlängen entstanden.

Der Versuch ergab, dass die Gruppen 279 $\mu\mu$, 187,3 $\mu\mu$ und 92,4 $\mu\mu$ fast die gleichen Verschiebungen erlitten. Von 279 $\mu\mu$ abwärts in die Gegend von 187,3 $\mu\mu$ wuchs die Verschiebung der Gruppen mit wachsender Wellenlänge. Eine Diskontinuität der Grösse des Zuwachses der Verschiebung war vorhanden von 187,3 $\mu\mu$, eine zweite zwischen 187,3 $\mu\mu$ und 92,4 $\mu\mu$.

Die augenscheinlichste Folgerung aus Obigem ist also, dass diese Linien bei 187,3 $\mu\mu$ und 92,4 $\mu\mu$ nicht von Licht herstammen, dessen Wellenlänge der Lage der Linien im Spektrum entspricht. Es scheint, dass sie ihren Ursprung haben in Licht etwa von der Wellenlänge 280 $\mu\mu$; sie scheinen Wiederholungen irgend eines Teiles des wirklichen Spektrums zu sein; merkwürdige Linienphantome, von irgend einer Eigenschaft oder Unvollkommenheit des Gitters herrührend. Versuche mit Linien unter 190 $\mu\mu$, von Aluminium, Kupfer, Kobalt, Nickel und Cadmium bestätigten diese Theorie. Bevor die Besprechung dieses ersten Gitters (No. I) verlassen wird, sei noch als wichtig hervorgehoben, dass, obgleich die Magnesiumgruppen bei 279 $\mu\mu$, 187,3 $\mu\mu$ und 92,4 $\mu\mu$ sich sehr einander ähneln, ihre Wellenlängen nicht genau in dem Verhältnis 1 : 2 : 3 stehen; $2 \times 92,4 = 184,8$, Differenz gegen 187,3 gleich 25 $\mu\mu$.

Es wurde jetzt bewiesen, dass diese merkwürdigen Linien nicht von einer lokalen Änderung der Lineatur herstammen, indem das ganze Gitter bis auf einen schmalen Streifen abgedeckt wurde. Wenn dann der Schirm verschoben wurde, konnte nacheinander das ganze Gitter streifenweise exponiert werden. Auf die Weise wurde eine Reihe von Photographien von verschiedenen Streifen der Gitteroberfläche erhalten. Alle zeigten die Linien mit gleicher Intensität. Die Versuche wurden an drei weiteren Gittern wiederholt. Zwei derselben hatten einen grösseren Krümmungsradius, 21 engl. Fuss, und wurden in Rowlands Aufstellung untersucht. Das dritte war von demselben Typ wie das erste. Das eine der beiden grossen Gitter zeigte die Erscheinung ausgeprägt. Die beiden starken Gruppen (vorher bei 187,3 $\mu\mu$ und 92,4 $\mu\mu$) wurden nun an den den Wellenlängen 1728 μ und 1079 μ entsprechenden Plätzen gefunden. Das zweite grosse Gitter gab die Linien überhaupt nicht. Das zweite kleinere Gitter ergab eine Wiederholung der Gruppe 279 $\mu\mu$ in Stellungen, die etwa 187 $\mu\mu$ und 92,4 $\mu\mu$ entsprachen. Dazu zeigten sich noch zahlreiche weniger ausgeprägte Abbildungen zwischen diesen zwei Lagen zerstreut. Die Anzahl und Dispersion dieser falschen Spektren gehorcht also keiner einfachen Gesetzmässigkeit, sondern entspricht einem Wiederauftreten einiger wirklich vorhandenen oder zufällig verteilten Gruppen und ist bei verschiedenen Gittern verschieden.

Nicht alle Gitter zeigen diese falschen Spektren mit gleicher Stärke. Bei vorliegenden Versuchen zeigten sie die Gitter mit kurzer Brennweite kräftiger. Im allgemeinen sind die falschen Spektren überdeckt durch die stärkeren Normalspektren und sind nur im Ultraviolett bemerkbar. Bei einigen Gittern, namentlich, wenn man Spektren mit starken Linien erzeugt, treten diese falschen Spektren (Reproduktionen

der starken Gruppen) stark auf und können zu Verwechselungen führen. Sie werden auf diese Weise bei spektral-analytischen Untersuchungen sehr gefährlich.

Es ist somit erwiesen, dass die Abweichung vom gleichen Gitterlinienabstand (wie er in der Theorie des Konkavgitters angenommen wird), welche gewisse von der gewöhnlichen Theorie verlangte untergeordnete Maxima unsymmetrisch macht, nicht sowohl eine zufällige ist, wie man zuerst glauben möchte, sondern eine mehr oder weniger systematische.

Jefferson Physical Laboratory
Harvard University Cambridge.

(Aus dem Englischen übersetzt von C. Fritsch.)

(Eingegangen 15. März 1901.)

Einfluss der Belichtung des Auges mit Licht verschiedener Wellenlänge auf die Dauer der Gesichtsempfindungen. [1]

Von Frank Allen.

Bei dem Studium der Dauer der Gesichtsempfindungen und der verschiedenen sie beeinflussenden Umstände, war die hier befolgte Methode diejenige, welche von Nichols herrührt. Sie besteht in der Anwendung des Spektrums als Quelle von farbigem Licht und einer mit Ausschnitten versehenen Scheibe, welche die intermittierenden Lichtblitze erzeugt, deren Wirkungsdauer auf die Retina gemessen werden sollte.

In den Weg der von einer Acetylenflamme herrührenden Lichtstrahlen wurde eine Scheibe mit abwechselnd ausgeschnittenen Sektoren von 90^0 gebracht und durch einen kleinen elektrischen Motor in Rotation versetzt. Die Geschwindigkeit des Motors konnte mit Hilfe einer kleinen Friktionsbremse nach Belieben variiert oder konstant erhalten werden. Der Motor registrierte seine Geschwindigkeit vermittelst elektrischer Übertragung auf einen Chronographen, welcher es uns ermöglichte, die Zeit der Verschmelzung getrennter Lichteindrücke und die Dauer der maximalen Intensität der Gesichtsempfindungen auf der Retina zu berechnen. Es wurden mit einer ganzen Reihe verschiedenfarbiger Spektralausschnitte, gewöhnlich in der Richtung von Rot zu Violett fortschreitend, Versuche angestellt. Während der Messungen, welche für die Aufstellung der normalen Nachwirkungskurve gemacht wurden, mit welcher alle anderen zu vergleichen waren, trug man Sorge, eine Ermüdung des Auges zu vermeiden und gestattete ihm nach jeder Beobachtung genügendes Ausruhen im Tageslicht. Unter diesen Bedingungen differierten verschiedene Ablesungen für denselben Teil des Spektrums um ungefähr 2 Prozent.

Verschiedene Kurven wurden für das dunkeladaptierte Auge erhalten und sind aus Fig. 1 zu ersehen, wo sie mit ebenerwähnten der

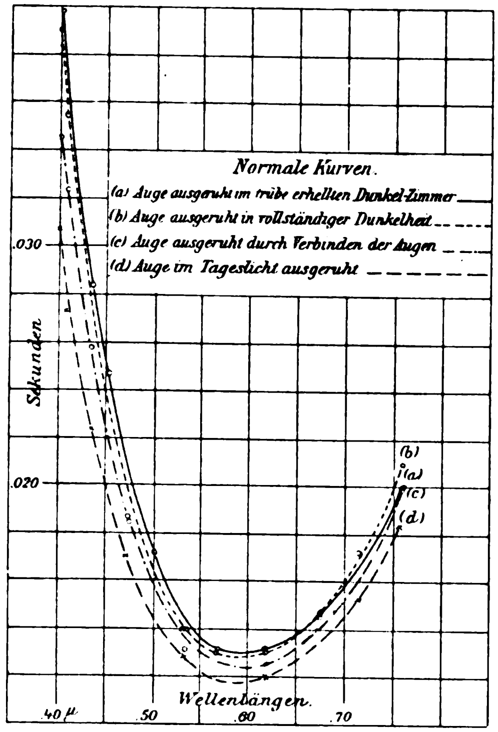


Fig. 1.

Normalkurve verglichen werden. Diese Kurven zeigen, dass die Zeit der Verschmelzung in verschiedenem Grade wächst, je nachdem

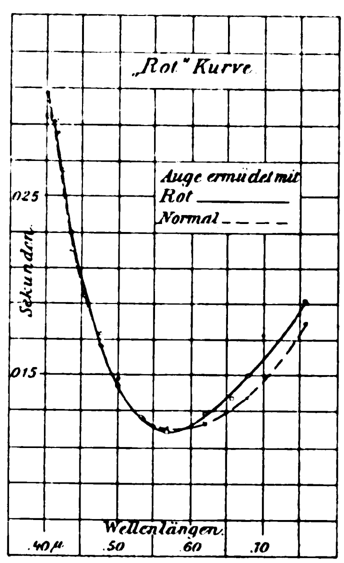


Fig. 2.

1) Ausführlich in The Physic. Rev. 11, 257—290, 1900.

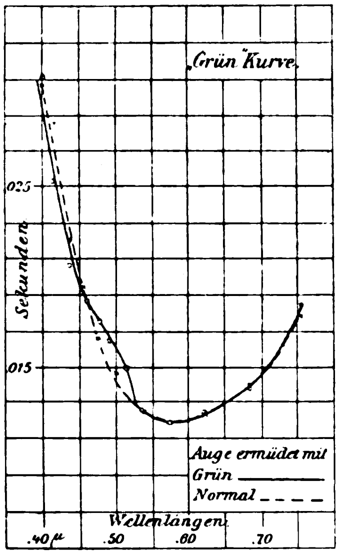


Fig. 3.

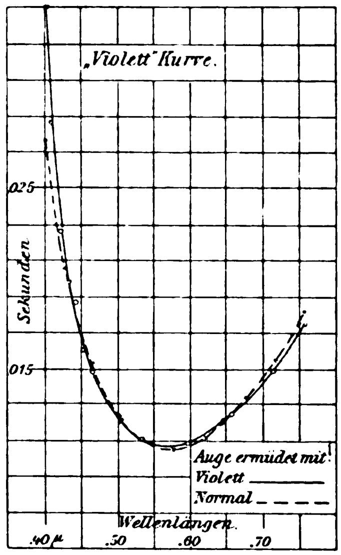


Fig. 4.

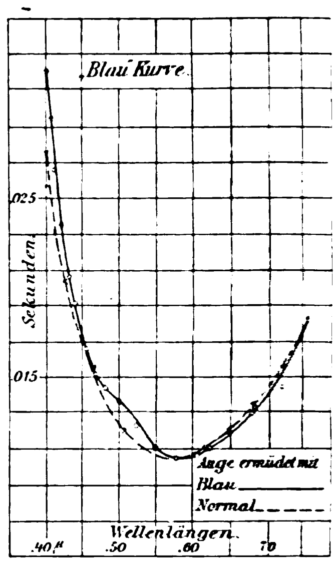


Fig. 5.

sich das Auge in völliger Dunkelheit, in trübem Licht oder dadurch, dass es verbunden wurde, ausruhte. Die Vergrösserung der Nachwirkungswerte bei Wellen von verschiedener Brechbarkeit ist nicht gleichförmig, indem sie im äussersten Rot gegen 15 Prozent grösser ist als bei der Normalkurve, im Gelb 11 Prozent und im Violett 30 Prozent.

Der grössere Teil dieser Arbeit wurde an der Retina ausgeführt, nachdem man sie durch Einwirkenlassen von Licht der jeweils gewünschten Farbe aus einem hellen Bogenlichtspektrum ermüdet hatte, so dass in ihr ein Zustand von temporärer Farbenblindheit zu stande gekommen war.

Um für das in einem abnormen Zustand befindliche Auge eine Kurve zu erhalten, wurden mit der durch irgend eine Farbe des Acetylenspektrums ermüdeten Retina Messungen angestellt. Wir erhielten dadurch, dass wir das Auge nacheinander mit Rot, Gelb, Grün, Blau, Violett und Weiss ermüdeten, eine Serie von sechs Kurven, und jede wurde zum Vergleich mit der Normalkurve herangezogen. In dem Falle der „Rot"-Ermüdung, der „Grün"- oder der „Violett"-Ermüdung (Fig. 2, 3 und 4) wird die Dauer der Farbeneindrücke nur in dem Teile des Spektrums vermehrt, welcher vollkommen der ermüdenden Farbe entspricht, während sie in anderen Teilen unverändert bleibt. Diese Wirkungen werden durch die charakteristischen Erhebungen deutlich dargestellt, welche in den Teilen der Kurven zu Tage treten, die den sich hierauf beziehenden Farben entsprechen.

Wurde Blau als ermüdende Farbe benutzt (Fig. 5), so trat in dem Teile der Kurve, der dieser Farbe entsprach, keine Veränderung ein, aber im Grün und im Rot traten zwei Erhebungen auf. Diese Erscheinung entspricht einer Superposition der grünen und violetten Kurven. In ähnlicher Weise zeigte eine durch Einwirkung von gelbem Licht auf die Retina erhaltene Kurve im Grün und Rot Erhebungen, aber nicht im Gelb. (Fig. 6.)

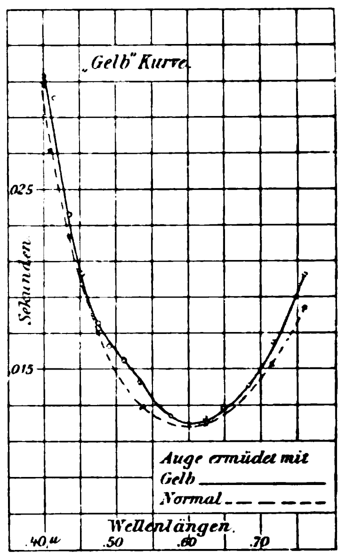


Fig. 6.

Diese Kurven sind in Fig. 7 einzeln dargestellt, um auf diese Weise ihre Eigentümlichkeiten besser erkennen zu lassen. Alle Teile der Normalkurve sind auf dieselben Ordinaten reduziert, so dass sie zur geraden Linie wird, und die entsprechenden Teile der abnormalen Kurven sind in derselben Weise reduziert. Der

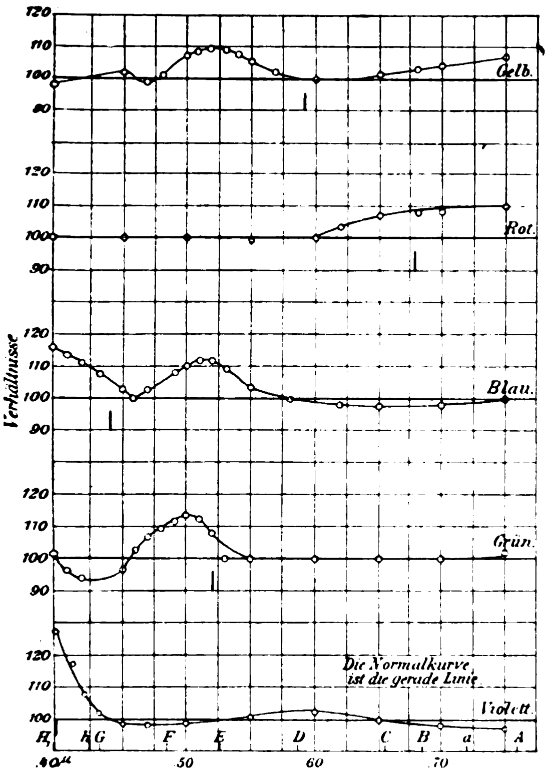


Fig. 7.

Mittelpunkt des Spektralbandes der ermüdenden Farbe ist unter jeder Kurve durch eine kurze Linie bezeichnet.

Da die Erhebungen in allen Fällen nur in den Teilen der Kurven eintreten, die Rot, Grün und Violett entsprechen, so haben wir als Resultat, dass diese Fundamentalempfindungen sind, während Gelb und Blau das nicht sind.

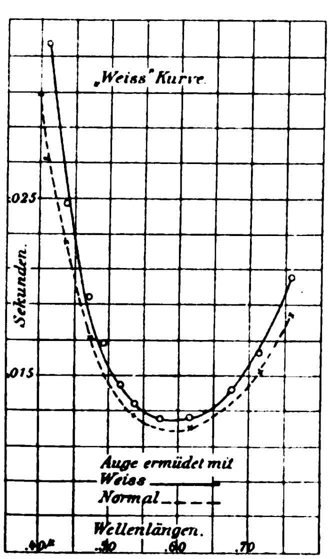


Fig. 8.

Diese Thatsache stützt die Young-Helmholtzsche Theorie.

Bei Ermüdung durch weisses Licht wird die Zeit der Verschmelzung aller Farbeneindrücke zunehmen (Fig. 8), was besagt, dass Weiss eine wenigstens zum Teil unabhängige Empfindung ist.

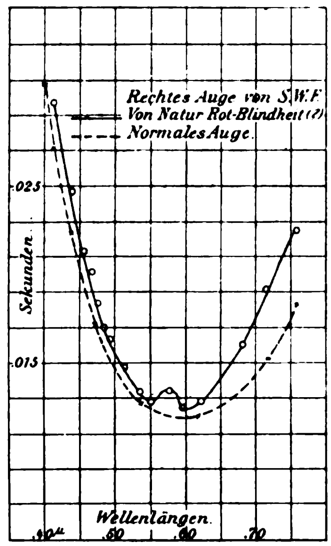


Fig. 9.

Mittels dieser Methode wurden verschiedene Fälle von Farbenblindheit geprüft und die hierbei erhaltenen Kurven zum Vergleich mit der Normalkurve des Autors herangezogen (Fig. 9 und 10). Die Kurve für S. W. F. zeigt in Rot und Gelbgrün Erhebungen, wovon uns

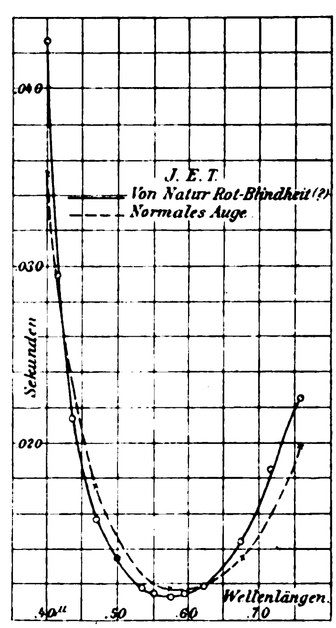


Fig. 10.

die letzteren sehr unerwartet kommen und schwer mit irgend einer Theorie in Einklang zu bringen sind. Der zweite Fall zeigt Erhebungen im Rot und Violett, welche auf Blindheit für diese Farben deuten können. Spätere Resultate scheinen diesen Fall als einen besonders klar und deutlich definierten Typus von Farbenblindheit zu bestätigen und gewähren erhöhte Wahrscheinlichkeit dafür, dass Violett eine besondere Fundamentalfarbenempfindung ist.

(Aus dem Englischen übersetzt von Frida Hansmann.)

(Eingegangen 29. April 1901.)

Über die Verwendbarkeit skalenartig abgestimmter Stahlzungen zur Bestimmung der Frequenz wellenförmiger Ströme.

Von Robert Kempf-Hartmann.

Die akustischen Methoden zur Bestimmung der Frequenz wellenförmiger Ströme sind verwendbar für Ströme von beliebiger Kurvenform, also ebensowohl für Wechselströme mit regelmässiger oder verzerrter Stromkurve, als auch für unterbrochene Gleichströme (periodische Stromimpulse).

Der Strom, dessen Frequenz gemessen werden soll, speist einen Magneten, der gewöhnlich im Nebenschluss liegt. In seinem Kraftlinienfeld schwingt der aus magnetischem Material hergestellte Klangkörper, dessen Tonhöhe bezw. Eigenschwingungszahl verändert werden kann. Je genauer die Periode der Eigenschwingungen des elastischen Systems mit der Periode der magnetischen Erregung zusammenfällt, um so stärker wird die Resonanzerscheinung; je massiver und elastischer (im physikalischen Sinne) das System ist, je starrer seine Befestigungsunterlage, um so energischer ist die Resonanz; aber ihr Bereich ist dementsprechend an engere Grenzen gebunden.

Eine Stimmgabel z. B. hat ein sehr kleines Resonanzbereich. Ich fand bei einer ca. 25 cm langen Stimmgabel von Rudolf König (Paris), deren Eigenton 100 ganze Schwingungen zählte, dass bei einer Erhöhung der magnetischen Frequenz auf 100,5, ebenso bei einer Herabminderung auf 99,5, die Amplitude noch annähernd 1 mm (Bogenlänge) betrug, während sie bei völliger Resonanz 5 mm gross war.

Während dies mit Vorteil gestattet, die Lage einer sehr konstant bleibenden Frequenz mit Genauigkeit zu messen, so liegt in der raschen Abnahme der Amplitude bei Frequenzschwankungen ein Nachteil, sobald man Schwankungen von $\frac{1}{2}$% noch als zulässig anerkennen will. Bei Verwendung von Generatoren, besonders bei kleinen, z. B. zu Aichzwecken, ist oft eine häufig wiederkehrende Schwankung von 1% nicht zu vermeiden; auch Induktorien lassen sich wohl nicht leicht mit grösserer Konstanz der Unterbrechungen betreiben. Man hat nun beim Erlöschen der sichtbaren Schwingungen und des entsprechenden Tones keinen Anhalt über Grösse und Richtung der Frequenzschwankung, denn bezüglich der Änderung der absoluten Tonhöhe ist bei Intensitätsvariationen auch das musikalische Ohr Täuschungen unterworfen. Man muss deshalb jedesmal durch Regulierung das Resonanzverhältnis wieder herbeiführen.

Das Einstellen der Tonhöhe der Stimmgabel wird durch Verschieben von 2 Laufgewichten (für jede Zinke eines) bewerkstelligt. Sofern dies ohne Unterbrechung des Tönens vor sich gehen soll, darf die Schwingungsamplitude nicht gross sein, weil sich sonst keine mechanische Vorrichtung anbringen lässt, welche nicht beim Funktionieren auf die Schwingungen dämpfend wirkt; bei kleinen Schwingungen ist das Problem der gleichzeitigen Verschiebung beider Laufgewichte sinnreich von Herrn E. Stöckhardt gelöst worden. Er verwendet eine Gabel, deren Schwingungszahl um ein Vielfaches so gross ist, als die zu messende Periodenzahl. Ein Ton von 300 Schwingungen wirkt allerdings aus physiologischen Gründen bei relativ gleicher (absolut gemessen kleinerer) Amplitude intensiver auf das Gehör, als ein solcher von 100 Schwingungen. Ob er in unruhigen Arbeitsräumen, zumal in Maschinenhäusern genügt, um durch seine akustischen Wirkungen die Resonanzverhältnisse anzuzeigen, bleibt fraglich. Zweifellos ist das gleichzeitige Eintreten starker, für das Auge deutlich sichtbarer Schwingungen sehr zweckdienlich.

Um sich bei Schwankungen rasch über deren Grösse und Richtung orientieren zu können, empfiehlt sich eine skalenförmige Anordnung von mindestens 3 Stimmgabeln, derart, dass die mittlere auf die verlangte Frequenz eingestellt ist, während die beiden anderen Gabeln um ein für die Schwankung gerade noch, oder schon nicht mehr zulässiges Intervall höher bezw. tiefer abgestimmt sind.

Eine derartige Stimmgabelserie wird nun mit Vorteil ersetzt durch eine skalenartig abgestimmte Reihe von stählernen Zungen, die beim Durchschlagen durch ihre Fassung, den sog. „Kasten" einen lauten Ton geben, unvergleichlich viel stärker als der von Stimmgabeln. Bei einem Kraftaufwand von 20 Watt erreicht eine 6 cm lange Zunge (100 ganze Schwingungen) eine Amplitude von etwa 30 mm Gesamtbogenlänge; dies entspricht einer Belastung des freien Zungenendes mit 0,4 kg. Das Intervall in der Abstimmung richtet sich zunächst nach der Lage des Messbereiches,

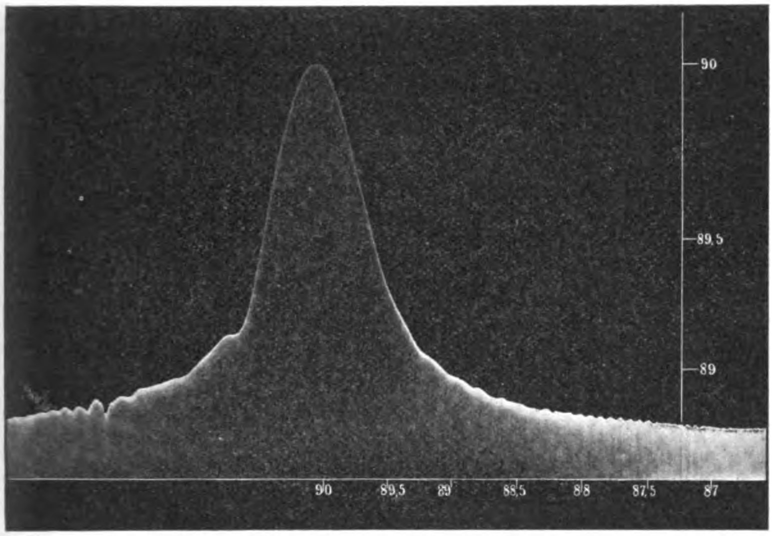


Fig. 1.

dann aber nach der Empfindlichkeit der Resonanzstelle. Unter ein Drittel des Maximalbetrages sollte die Amplitude niemals sinken, mit anderen Worten: Auf irgend eine beliebige Frequenz sollte mindestens eine Zunge mit 10 mm Amplitude reagieren, um das Abschätzen nach Augenmass nicht zu erschweren. Andererseits müsste die Skala in der Reihenfolge der gebräuchlichen ganzen Zahlen erfolgen, nötigenfalls in halben Teilen. Bei Stimmgabeln wäre es deshalb nötig, ein mittleres Intervall von $^1/_2$ % zu nehmen. Das Resonanzbereich der Zungen ist aber etwas ausgedehnter, wie Fig. 1 zeigt.

Diese Figur hat man sich entstanden zu denken aus einer Menge von dicht zusammengedrückten sinusförmigen Wellenlinien, von denen aber nur der über der Abscissenachse liegende Teil wiedergegeben ist. Auf dieser Achse sind die während der photographischen Aufnahme des Vorgangs (dessen Einzelheiten nicht ausführlicher behandelt werden sollen) variierten Frequenzen angegeben.

Die Amplitude der zugehörigen Sinuskurve entspricht dem Grade des Resonanzverhältnisses und ist annähernd *cotg* α, wenn unter α die Gesamtamplitude der schwingenden Zunge verstanden werden soll. Man sieht, dass die Umhüllungslinie dieser Kurven von der Stelle völliger Resonanz (bei 90) ziemlich gleichmässig fällt bis auf 89,5. Wenn demnach die Frequenz zwischen 90 und 89 ist, so wird man auf alle Fälle eine stärkere Amplitude und eine schwächere auf den ersten Blick unterscheiden können (im speziellen Fall käme 85,5 in Betracht, wo beide Zungen mit gleich grosser Amplitude schwingen). Man ist damit im stande, Bruchteile zu schätzen.[1]) Durch Vergleichen dreier gleichzeitig erregter Zungen kann man mit Sicherheit die Richtung des Resonanzmaximums erkennen, auch gestaltet sich das Abschätzen der Bruchteile leichter. Fig. 2 zeigt die 3 Zungen 100, 101, 102. Man findet ohne weiteres die Lage der herrschenden Frequenz zwischen 100 und 101. Dass sie unter 101 ist, geht daraus hervor, dass 100 stärker schwingt als 102; ferner zeigt das stärkere Schwingen von 101 in Bezug auf 100, dass die Frequenz über 100,5 liegt. Man darf deshalb annähernd 100,7 als die Stelle völliger Resonanz bezeichnen. (Die Wechselstrommaschine hat während der Aufnahme der Erscheinung etwas geschwankt.) Sollte man sich bezügl. dieser letzten Stelle irren, so wird der Fehler noch so gering bleiben, dass er für die meisten Anforderungen der Praxis gar nicht in Betracht kommt.

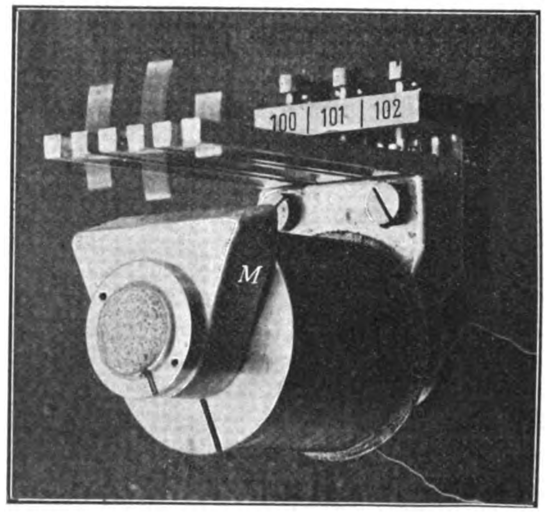


Fig. 2.

Fig. 3 veranschaulicht die Verhältnisse der Amplituden bei den erregenden Frequenzen 100,5; 101; 101,25.

Aus dieser Darstellung geht hervor, dass das Intervall von 1 zu 1 Schwingung ($^1/_2$ Wechselstromperiode) in der Gegend von 100 reichlich genaue Messungen gestattet. Zur Ermittelung der Polwechselzahlen von Maschinen, wie sie zur Zeit in Deutschland in Betrieb sind, —

1) Blickt man in Richtung der Längsachse auf die schwingende Zunge, so kommt nur die Projektion des Bogens auf die zu dieser Richtung senkrechte Ebene in Betracht. Für die Winkel bis 25° — und dieses ist der grösste hierbei vorkommende Winkel — kann die Bogenlänge der Projektion gleichgesetzt werden.

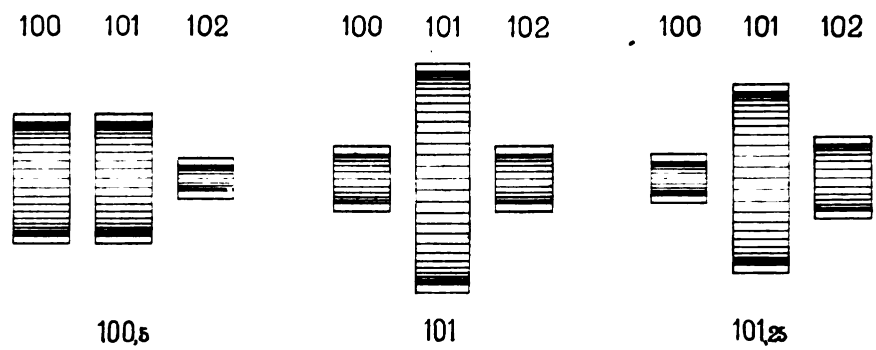


Fig. 3.

nämlich in einem Bereich von 80—110 Polwechseln — reichen 32 Zungen aus, die in Intervallen von 1 Schwingung abgestimmt sind. Sehr handlich wird die instrumentelle Ausführung, wenn man diese 32 Zungen im Kreise auf einer Scheibe oder einem Radkranze anordnet und vor einem Magneten vorüberführt, der gut unterteilt ist. Das Instrument lässt sich ungemein einfach handhaben. Man schaltet es ein (wie eine Glühlampe) an beliebiger Stelle des Stromkreises und dreht die Zungenskala so lange, bis ein starker Ton hörbar wird, bezw. das Schwingen mit dem Auge wahrgenommen wird. Die von einer Marke eingeschlossene Zahl giebt direkt den Polwechsel in ganzen Intervallen an. Das Magnetensystem ist gabelförmig teilbar, so dass man durch Auseinanderschieben der beiden Einzelmagnete schnell die beiden Nachbarzungen zum Ansprechen bringen kann. Aus deren relativer Amplitude erkennt man die genaue Lage der herrschenden Frequenz. Diese Gabelung, die sich über 1—2 % nach jeder Seite erstrecken kann, dient gleichzeitig zum Alarmieren, wenn die Frequenz steigt oder fällt. Das anhaltende Tönen eines eingeschalteten Apparates wird somit vermieden, denn erst bei Schwankungen beginnt die höhere oder tiefere Zunge an der Grenze des eingegabelten Bereiches zu tönen. Die Magnete können so breit genommen werden, dass ein einzelner jeweilig 2 Zungen zum Tönen bringt, so dass bei stärkeren Frequenzschwankungen der Ton nicht sofort erlischt, wenn die Schwankung über die Alarmzunge die zulässige Grenze nur mehr als ein Intervall überschritten hat.

Zum Zwecke der Fernmeldung lassen sich Kontakte anbringen, die eine Klingel oder ein optisches Signal einschalten.

Sehr bemerkenswert ist es, dass die Zungen auch auf magnetische Erregung von doppelt so hoher Frequenz ansprechen. Dies gelingt bei völliger Resonanz schon ohne weitere Hilfsmittel; indessen zeigen sich einige Unvollkommenheiten im Benehmen der Nachbarzungen. Dieser Übelstand lässt sich durch einen einfachen Kunstgriff beseitigen.

Unter gewöhnlichen Umständen stellt sich die Resonanzerscheinung dann ein, wenn jeweilig auf einen magnetischen Zug — d. i. auf eine halbe Wechselstromperiode — ein Hin- und Hergang, d. i. eine ganze Schwingungsperiode, erfolgt; mithin reagiert auf 100 Polwechsel eine Zunge von 100 ganzen Schwingungen. Verdoppelt man nun die Frequenz, so spielt sich der Vorgang folgendermassen ab:

Die Zunge wird magnetisch angezogen; mit nachlassender magnetischer Kraft schwingt sie zurück und passiert die Ruhelage. In diesem Moment fängt bereits der magnetische Anzug von neuem an; er wirkt mithin dämpfend auf die Rückbewegung. Wäre nun diese dämpfende Wirkung so gross wie die erregende, so müsste die Zunge um die Ruhelage herum ganz geringe Schwingungen ausführen. Thatsächlich aber überwiegt die antreibende Kraft des ersten magnetischen Impulses den hemmenden Einfluss des zweiten, weil mit der räumlichen Annäherung der Zunge an den Magneten der Widerstand verringert wird. Die Zunge gerät daher nach kurzer Zeit in immer stärker werdende Schwingungen. Es scheint sich oftmals ein Gleichgewichtszustand zwischen Dämpfung (innere Reibung) und magnetischem Antrieb gar nicht herstellen zu wollen, weil die Phase des magnetischen Maximums nahezu mit der Phase des Umkehrpunktes der Schwingungen zusammenfällt, und infolgedessen mit wachsender Amplitude die Wirkung der Erregung wegen der Annäherung an den Magneten einer immerwährenden Steigerung unterliegt. Die Zunge wird also entweder so schwach angeregt, dass sie gar nicht oder nur langsam zum Ansprechen kommt, oder sie wird so stark durchgebogen, dass sie an den Magneten anschlägt, oder gar abbricht.

Diese Erscheinung tritt nur im scharfen Resonanzbereich ein; ausserhalb dieses schwingen die Zungen mit kleiner Amplitude, entsprechend dem grossen Abstand, den ihre Schwingungszahl von der Resonanzstelle hat. Die Stärke des Ansprechens der Nachbarzun-

gen in diesem Falle bietet mithin kein Mittel zur Bestimmung der Bruchteile.

Wenn man aber zu dem Wechselfelde eines Stromes das Feld eines Gleichstromes kombiniert, so ändert sich die Kurve des resultierenden Feldes in bemerkenswerter Weise. Es wird gleichsam polarisiert. (Fig. 4.)

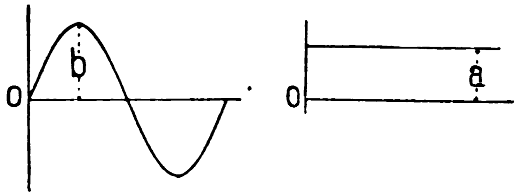


Fig. 4.

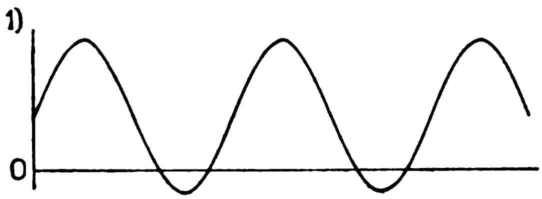


Fig. 4,1.



Fig. 4,2.

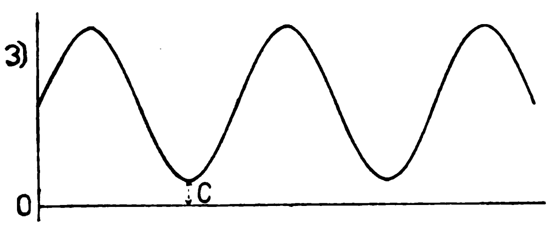


Fig. 4,3.

Zur Wirkung kommen nun 2 intermittierende Gleichströme von verschiedener Richtung, deren einer mindestens überwiegt (Fig. 4,1). Es können natürlich die Fälle eintreten, dass die Amplitude des Wechselstromes mit der Ordinate des Gleichstromes gleichgross wird; dann handelt es sich um einen wellenförmigen Gleichstrom mit dem Minimum O (Fig. 4,2) oder dass dieses Minimum einen endlichen Wert $a - b = c$ erhält (Fig. 4,3). In allen diesen Fällen, von welchen der letzte unter Umständen noch der günstigste ist, wegen der geringen Magnetisierungsbarkeit, sprechen die Zungen ebenso günstig an, wie bei Erregung durch einen Wechselstrom von normaler = halb so niedriger Periode. Es sei darauf hingewiesen, dass der Verlust durch Hysteresis und Wirbelströme durch diese Kombination von Wechselstrom mit Gleichstrom wesentlich herabgemindert wird. Es genügt eine Hilfsbatterie von ca. 2 Volt (1 Akkumulator, 2 Daniells).

Auch auf Ströme von halber Frequenz, wobei also 2 Schwingungsperioden auf eine Stromperiode kommen, sprechen die Zungen an, aber verhältnismässig gering im Vergleich zum Kraftaufwand. Einfache Betrachtungen über die Phase zwischen Zungenschwingung und der erregenden Stromperiode führen zu der Einsicht, dass der Antrieb die Dämpfung nur um ein Geringes überwiegen kann. Bei kurzen intermittierenden Strömen kann das Verhältnis günstiger werden; Untersuchungen darüber sind im Gange.

Die Technik stellt bezüglich des Messbereiches in einzelnen Fällen grössere Ansprüche. So sollen Polwechselzahlen von über 200 (für englische Maschinen) und solche unter 80 noch ermittelt werden können. Neuerdings hat sich dies Verlangen nach tiefen Frequenzen lebhafter bemerkbar gemacht. An Hand der vorhin besprochenen Kombination kann man ohne zu grossen Aufwand von Apparaten, bezw. Zungen, das ganze in Frage kommende Bereich mit hinreichender Genauigkeit messen. Dabei wird man zu Gunsten einer einheitlichen Ablesung von verschiedenartigen Intervallen Abstand nehmen, und das für höhere Frequenzen über 100 eher zu empfindliche für die Gegend von 60 aber noch ausreichend genaue Intervall von 1 zu 1 Schwingungen in der Folge unserer gebräuchlichen Zahlenreihe beibehalten.

Nachfolgende Übersicht mag zeigen, wie man mit 2 Apparaten (— ein einzelner würde zu unhandlich), das grosse Bereich von 60 bis 236 Polwechseln mit hinreichender Genauigkeit messen kann; wobei von 60 bis 120 die Intervalle 1 Polwechsel betragen, von da ab 2 Polwechsel. Der Index *a* bezeichnet den Apparat in seiner direkten Verwendung, *b* den Apparat bei Parallelschaltung eines Gleichstromes.

Übersicht.

Apparat	Polwechsel	Intervall.
Ia	59—90	$^1/_2$ Periode
IIa	88—118	„
Ib	118—180	1 Periode
IIb	176—238	„

Um die Apparate bei Bestimmung der Grenzwerte, sowie der Übergangswerte unabhängig gebrauchen zu können, wird man zweckmässig die Zungen 59 und 238 dazufügen und die Zungen 88, 89, 90 verdoppeln.

Was die Haltbarkeit der Zungen anbetrifft, so konnte ich bis jetzt keine nachteiligen Einflüsse infolge molekulärer Umgestaltung oder dergl. finden. Gegen Lufteinflüsse sind die

Zungen durch Vernickeln und Überziehen mit ganz feinem, biegsamem Lack geschützt. Jeder Einfluss auf die Tonhöhe müsste durch das ungleichmässige Verhalten innerhalb der Skala sofort auffallen.

(Eingegangen 10. Mai 1901.)

Der Schäfersche Antikohärer — elektrolytisch.

Von A. Neugschwender.

Auf Seite 249 des zweiten Jahrgangs dieser Zeitschrift erschien ein von dem Schäferschen Physiker Herrn E. Marx verfasster Artikel über die Wirkungsweise des Schäferschen „Antikohärers", in welchem gezeigt werden sollte, dass sich derselbe von dem von mir gefundenen und in den Wiedemannschen Annalen Bd. 67, S. 430—432 und Bd. 68, S. 92—98 beschriebenen elektrolytischen Kohärer wesentlich unterscheide.

Es kann jedoch nachgewiesen werden, dass die von Herrn Marx beschriebenen Erscheinungen an dem Schäferschen Kohärer sich auf elektrolytische Ursachen zurückführen lassen, dass somit dieser Kohärer lediglich eine spezielle Ausführungsform meines Kohärers ist.

Mein Kohärer kann dadurch hergestellt werden, dass die Silberbelegung eines Glasspiegels durchschnitten und in den Stromkreis eines oder mehrerer galvanischen Elemente sowie eines Galvanometers oder Telephons eingeschaltet wird. Die Breite des Trennungsspaltes war bei meinen ersten Versuchen ziemlich gross, bis $^1/_3$ mm. Wird auf diese Trennungsfläche, auf irgend eine Weise eine elektrolytisch leitende Schicht, etwa durch Behauchen eine relativ dicke Flüssigkeitsschicht gebracht, so scheidet sich aus der hierbei entstehenden metallischen Lösung das Metall, hier Silber, auf elektrolytischem Wege an der Kathode in Bäumchenform aus. Ist der Kohärer einmal hergestellt, so kann die Flüssigkeitsschicht so weit zum Verdunsten gebracht werden, dass von ihr nichts mehr zu sehen ist, der Kohärer bleibt leitend. Betrachtet man die Bäumchen unter dem Mikroskope, so ist dort, wo ein Bäumchen zu sehen ist, an der Anodenseite eine kleine Lücke in der Silberbelegung wahrnehmbar. Diese Lücke hat das Material zum Bäumchen geliefert. Die Bäumchenenden wachsen gewöhnlich bis in die allernächste Nähe der Anodenseite, so dass zwischen den äussersten Bäumchenenden und der Anode ein überaus feiner Trennungsspalt sich befindet, welcher mit Flüssigkeit gefüllt ist. Der ursprünglich breite Spalt hat sich dabei auf natürlichem Wege durch die Bäumchenbildung so weit verengt, dass er nun dem Strom keinen erheblichen Widerstand entgegensetzt. Der Kohärer hat durch die Anwesenheit der Bäumchen eine verhältnismässig gute Leitfähigkeit erhalten. Dass zwischen den Bäumchenenden und der Anode eine mit Flüssigkeit gefüllte Trennungsschicht sich befindet, zeigt sich daraus, dass der Kohärer seine Leitfähigkeit vollständig verliert, wenn man ihn in ein Gefäss bringt, das man stark evakuiert, oder mit Phosphorsäureanhydrit austrocknet, dagegen dieselbe dadurch wieder erhält, wenn man ihn in gewöhnliche Luft bringt.[1]) Beim Evakuieren und Exsikkieren verdunsten schliesslich auch die letzten Spuren von Flüssigkeit auf dem Kohärer, womit auch die Stromleitung aufhört. Bei der Berührung des Kohärers mit gewöhnlicher feuchter Luft kondensiert sich in den überaus feinen Trennungsspalten von selber Feuchtigkeit, die Leitfähigkeit ist wieder hergestellt. Beim Auspumpen und Austrocknen geht die Stromleitung nur langsam zurück, woraus ersichtlich ist, dass die Feuchtigkeit mit grosser Zähigkeit in den engen Spalten bleibt, erst bei ganz grosser Trockenheit verschwindet die letzte Feuchtigkeit. Es ist demnach ein ganz geringer Grad von Feuchtigkeit in der Umgebung hinreichend, die elektrolytische Leitung aufrecht zu erhalten.[2]) Anstatt bei der ersten Herstellung des Kohärers die Trennungslinie zu behauchen, kann die Bäumchenbildung auch dadurch eingeleitet werden, dass man den Spalt in eine Atmosphäre von feuchtem Ammoniakgas bringt, was z. B. dadurch geschehen kann, dass man den Spalt über die Öffnung einer mit Salmiakgeist gefüllten Flasche hält. In diesem Falle nimmt die auf der Spaltfläche befindliche, aus der Luft kondensierte Feuchtigkeitsschicht Ammoniakgas auf, wobei eine besserleitende Lösung entsteht, so dass die Elektrolyse einsetzen kann. Lässt man trocknes Ammoniakgas auf einen getrockneten Trennungsspalt wirken, so zeigt sich keine Spur von Bäumchenbildung und Stromleitung. Ausgesprochene Bäumchenbildung ist nur bei verhältnismässig geringer Spannung der Stromquelle bemerkbar, bei höherer Spannung, 2,5—3 Volt, werden nur Fäden gebildet, indem die Bäumchen durch innere Vorgänge stellenweise zerstört und umgeändert werden, was sich im Telephon durch ein beständiges Geräusch bemerkbar macht.

Lässt man auf ein derartiges Bäumchen oder Fadensystem elektrische Wellen einwirken, so werden überall die feinsten Bäumchenenden zerstört und dadurch die einzelnen Trennungsschichten breiter gemacht, wodurch der Gesamtwiderstand bedeutend erhöht wird. Nach

1) Wied. Ann. **68**, 93, 1899. Programm des hum Gymnasiums Dillingen 1899/1900, S. 24.

2) Näheres hierüber: Dillinger Programm S. 24.

der Wellenwirkung bilden sich die Bäumchen von neuem, wenn genügend Feuchtigkeit vorhanden ist. Wenn gar keine Feuchtigkeit vorhanden ist, wie beim Einschliessen in einen Exsikkator, bilden sich auch keine Bäumchen mehr.

Der Schäfersche Kohärer wird nun dadurch hergestellt, dass eine mit Silber belegte Glasplatte so durchschnitten wird, dass der Schnitt eine Breite von $^1/_{100}$ mm besitzt und in der Schnittlinie noch einige Verbindungsbrücken übrig bleiben. Elektrische Wellen zerstören diese Brücken und nach der Wellenwirkung bilden sich diese Brücken von neuem. Während der Kohärer von einem Strom von 3 Volt durchflossen wird, hört man im Telephon ein rhythmisches Geräusch, welches Herr Marx auf ein „elektrisches Puppenspiel" kleiner Silberteilchen zurückführen will, welche sich im Spalt hin und her bewegen und dabei Stromschwankungen verursachen. Die Konstanz der Wirkung und die Lebensdauer der Kohärer wird dadurch erhöht, dass sie mit einer Celluloidschicht überdeckt werden. Ferner befindet sich der Kohärer während der Versuche in einer „peinlichst ausgetrockneten" Atmosphäre.

Um nun gleich auf diesen letzten Punkt einzugehen, so heisst es in dem Marxschen Artikel S. 251, 7, dass man ein Optimum der Wirkung erhält, wenn man den Kohärer „in ein Gefäss einschliesst und unter der Luftpumpe derart behandelt, dass man verschiedene Male die Luft auspumpt und wieder hineinlässt. Und davon behauptet Herr Marx, dass sich der Kohärer nun in „peinlichst ausgetrockneter" Atmosphäre befindet! Wenn man bedenkt, dass gewöhnliche Luft stets feucht ist, dass Glas die Eigenschaft hat, Wasserdämpfe an seiner Oberfläche zu kondensieren und diese Feuchtigkeitsschicht mit überaus grosser Zähigkeit festzuhalten, so werde ich mit gutem Grunde behaupten können, die angeblich „absolut trockene Schäferplatte" ist überhaupt nicht trocken, wenigstens nicht in dem Sinne, in dem hier die Trockenheit aufzufassen ist. Und dass schon die geringsten Spuren von Feuchtigkeit von Einfluss auf die Kohärerwirkung sind, um die es sich hier handelt, dürfte durch die oben angeführten Experimente zur Genüge festgestellt sein.

Dass bei „zu weit getriebener Evakuierung" die Funktion des Kohärers sich verschlechtert, giebt Herr Marx selber zu. Die Ursache hiervon ist jedoch nicht die Verminderung des Druckes, sondern die Verminderung der Feuchtigkeit. Ich bin überzeugt, dass ein Schäferscher Kohärer dann, wenn er in einen Exsikkator gebracht wird, ohne dass der Luftdruck irgendwie geändert wird, ebenso versagt, wie bei allzuweit getriebener Evakuation.

Leider war es mir trotz meiner Bemühungen bisher nicht möglich, einen Schäferschen Originalkohärer zu bekommen. Ich versuchte daher nach den Marxschen Vorschriften einen solchen herzustellen, was mir jedoch nicht gelang. Die Risse in der Silberschicht wurden mittels eines Rasiermessers hergestellt und waren sicher weniger als $^1/_{100}$ mm breit. Als Stromquelle dienten drei hintereinander geschaltete Elemente. Um sicher zu sein, dass Kohärer und Umgebung wirklich trocken war, wurde der durchschnittene Silberspiegel zunächst durch Auflegen auf einen erhitzten Stein erwärmt und in diesem Zustande in ein mit Phosphorsäureanhydrit gefülltes Gefäss gebracht. Nach Verlauf einer Viertelstunde wurde der Stromkreis geschlossen. Dabei zeigten sich drei Fälle. Entweder ging durch den Kohärer nicht der geringste Strom, oder es war beim Schliessen ein momentaner kräftiger Strom vorhanden, der aber sofort wieder aufhörte und nicht mehr wiederkam, oder dieser erste Strom war dauernd und konnte auch von kräftigen elektrischen Wellen nicht beeinflusst werden. In ersterem Fall war die Silberfläche durch den Schnitt vollkommen getrennt, in dem zweiten Fall waren vom Durchschneiden her noch schwache Brücken vorhanden, diese wurden bei Stromschluss durchgebrannt, in dem letzteren Fall waren die Brücken so stark, dass sie nicht mehr durchgebrannt werden konnten. Einen Schnitt jedoch herzustellen mit Brücken, welche gerade so kräftig waren, dass sie vom Strome nicht mehr durchgebrannt, zugleich aber so fein waren, dass sie von elektrischen Wellen zerstört werden konnten, gelang mir nicht. Bei besonderer Kunstfertigkeit im Anfertigen der Risse mag es ja gelingen.

Nun aber werden diese Brücken durch elektrische Wellen zerstört, wie Herr Marx selber zugiebt. Wie geschieht die Neubildung dieser so wichtigen Fäden? Durch das Puppenspiel der in steter Bewegung befindlichen Silberteilchen im Spalte wohl kaum. Durch Kondensation des während der Bäumchenzerstörung angeblich entstehenden Silberdampfes? Einmal wird sich dieses Silber nicht mehr metallisch, sondern voraussichtlich oxydiert niederschlagen, und damit keinen Strom mehr leiten, und dann wird die Kondensation in Flächenform, nicht aber in Bäumchen- oder Fädenform erfolgen, auch dann, wenn die Silberbäumchen durch die Wellenwirkung bloss zerstäubt, nicht aber verdampft würden; damit ist die Bäumchen- resp. Fädenneubildung recht illusorisch.

Wenn man jedoch bedenkt, dass der Schäfersche Kohärer nach den Angaben des Herrn Marx und den daraus sich ergebenden Folgerungen überhaupt nicht trocken ist, ferner dass eine ganz geringe Spur von Feuchtigkeit hinreicht zur elektrolytischen Bäumchenbildung, und dass bei sehr geringer Entfernung der

Elektroden schon die aus der Luft erfolgte freiwillige Kondensation dazu hinreicht, so lässt sich bei dem Schäferschen Kohärer die Neubildung der Metallfäden am einfachsten und wahrscheinlichsten auf elektrolytische Vorgänge zurückführen, da alle Vorbedingungen zu deren Möglichkeit gegeben sind. Das Überdecken mit Celluloid hat dann lediglich den Zweck, dass die auf dem Kohärerspalt einmal kondensierte Feuchtigkeit möglichst zusammengehalten wird. Durch das Evakuieren wird der geeignetste Feuchtigkeitsgrad hergestellt, bei welchem die Bäumchen gerade noch sich bilden, aber nicht zu dick werden können.

Für diese Auffassung des Schäferschen Kohärers als elektrolytischen spricht auch der von Herrn Marx angegebene Umstand, dass Kohärer, bei denen die Spiegelbelegung aus Gold besteht, nur schlecht, solche aus Platin gar nicht funktionieren. In diesen Fällen ist nämlich eine Bäumchenbildung aus nur wässeriger Kohärerflüssigkeit nicht oder nur sehr schwer möglich, da diese Metalle chemisch sehr widerstandskräftig sind und keine Kohärerflüssigkeit zu stande kommt, aus der sich die betreffenden Metalle ausscheiden könnten. Dass übrigens auch Kohärer aus Gold- und Platinspiegeln hergestellt werden können, wenn man auf die Kohärerspalte etwas Königswasser bringt, wurde von mir schon längst beschrieben.[1])

1) Wied. Ann. 68, 95, 1899.

Mit diesen Ausführungen dürfte meine Behauptung, der Schäfersche Kohärer ist lediglich eine spezielle Form des meinigen, hinlänglich bewiesen sein.

Was nun die Schäferschen Neuerungen als solche betrifft, so möchte ich darauf aufmerksam machen, dass ich bereits in meinem Dillinger Programm, welches am 15. Juli 1900 erschien[1]), ausführlich konstatierte, dass die Kohärer dann, wenn sie in verhältnismässig trockene Luft eingeschlossen sind, besser funktionieren als in gewöhnlicher feuchter Luft; auch ist die Ursache dieses Verhaltens dort besprochen. — Ferner ist daselbst eine Reihe von Versuchen über Einbettung der Kohärer in verschiedene Stoffe besprochen und der günstige Einfluss eines Lacküberzuges festgestellt.[2]) Es wurde Eisenlack oder Wachs in Chloroform verwendet — Schäfer nimmt Celluloid in Äther. — Auch diese Erscheinung, dass man in einem in den Stromkreis des Kohärers eingeschalteten Telephon sehr deutlich den Rhythmus des Unterbrechers des Wellenerregers hören kann, wurde von mir und zwar in meiner ersten diesbezüglichen Arbeit[3]) beschrieben, und das mit denselben Worten, mit denen Herr Marx diesen Vorgang beschreibt.

1) Dillinger Programm, S. 24 u. 25.
2) Dillinger Programm, S. 28 u. 29.
3) Wied. Ann. 67, 431, 1899.

Dillingen, den 28. Mai 1901.

(Eingegangen 30. Mai 1901.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Photographie.

Von Karl Schaum.

(Schluss.)

Schwierig zu erklären scheint der Albertsche Versuch[1]): Kollodiumplatten, welche nach der Belichtung in Salpetersäure gebadet, dann ausgewaschen und darauf diffus belichtet worden sind, geben bei der Entwickelung ein Positiv. Da, wie schon erwähnt, die Annahme, dass eine grössere Bromsilbermenge aus der Schicht gelöst werde, kaum wahrscheinlich ist, scheint mir folgende Erklärung diskutabel. Die Subhaloidhaut, welche an den belichteten Körnern sitzt, wird durch die Salpetersäure in ein wenig lichtempfindliches Oxydationsprodukt (Oxychlorid?) übergeführt; nach der diffusen Belichtung sind daher an den ursprünglich am schwächsten belichteten Stellen die meisten subhaloidhaltigen Körner vorhanden und resultiert infolgedessen bei der Entwickelung ein Positiv. Vielleicht liegt hier ein der Solarisation verwandter Vorgang vor.

Die Entwickelungsfähigkeit der Platte nach primärer Fixierung mit silbersalzhaltigem Entwickler hat keinen Entscheid über die Natur des latenten Bildes zu bringen vermocht. Precht[1]) hat gezeigt, dass die Entwickelungsfähigkeit primär fixierter Kollodiumplatten durch Salpetersäure nicht zerstört wird; hier kann also weder Silber noch Subhaloid die latente Bildsubstanz sein; vergleicht man damit, dass ein fertiges Kollodnegativ nach völligem Herauslösen des Silbers durch Salpetersäure mit silbersalzhaltigem Entwickler wieder hergestellt werden kann[2]), so wird man zu dem Schluss gedrängt, dass das Bindemittel an denjenigen

1) Archiv f. wiss. Phot. 1, 285, 1899; vgl. Precht ebenda 2, 6, 1900.

1) Archiv f. wiss. Phot. 2, 1, 1900.
2) Ebenda; vgl. Carey Lea, citiert in Eders Handbuch 2, 43, 1897.

Stellen, an welchen das vom Licht veränderte Bromsilberkorn gelegen hat, etwa durch Einwirkung von Halogen oder von Zersetzungsprodukten des Entwicklers resp. des Thiosulfates derartig verändert ist, dass es dort die Silberabscheidung aus dem Entwickler begünstigt. Eine Diskussion der Ansichten Lüppo-Cramers (l. c.) über die Natur des latenten Bildes würde an dieser Stelle zu weit führen, da der Verfasser seine interessanten Beobachtungen über die Einwirkung chemischer Agenzien auf die Empfindlichkeit der Platte und auf das latente Bild durch den nichtssagenden Begriff der „physikalischen Veränderung" des Bromsilbers erklären will und ferner die Silberkeimtheorie des latenten Bildes nicht von der Theorie der Silberkeimwirkung beim Entwickelungsvorgang unterscheidet, was wohl darauf zurückzuführen ist, dass ihm zahlreiche neuere Arbeiten entgangen sind.

Die Wirkung anderer Energiearten auf die photographische Platte ist in neuerer Zeit ebenfalls studiert worden. Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass ebenso wie die elektromagnetischen Strahlen (die Strahlen des Spektrums und die denselben wahrscheinlich nahestehenden Röntgenstrahlen) auch die Elektronenstrahlen (Kathoden- und Becquerelstrahlen) auf die photographische Platte einwirken. Über den Einfluss von Wärme sind wesentliche Versuche nicht angestellt worden; dagegen hat Jahr[1]) Wirkungen des Elektromagnetismus auf (angefeuchtete) Platten nachweisen können. Mechanische Energie wirkt ebenfalls auf die Platte, besonders leicht als scherender Zwang, sehr unwesentlich dagegen — wie ich im Gegensatz zu der üblichen Annahme fand[2]) — in Form von statischem Druck. Von der Einwirkung chemischer Agenzien erscheint besonders erwähnenswert die grosse Empfindlichkeit der Bromsilberemulsion gegen Wasserstoffsuperoxyd, welches nach Russel[3]) bei 18 stündiger Einwirkung noch in der Verdünnung $1:10^6$ wirksam ist; die vermeintliche Radioaktivität vieler Metalle sowie der Terpene ist der Wirkung des bei der Oxydation dieser Stoffe an feuchter Luft gebildeten Wasserstoffsuperoxyds zuzuschreiben.

Der Mechanismus der Bildentwicklung mit reduzierenden Flüssigkeiten[4]) ist in zahlreichen neueren Abhandlungen diskutiert worden. Auf Grund der Besprechung über die Natur des latenten Bildes können wir folgende Sätze aufstellen:

1. Bei unfixierten Schichten besteht das latente Bild aus Subhaloid (eventuell mit metallischem Silber gemischt); das Subhaloid wird von dem Entwickler zu metallischem Silber reduziert.

2. Bei primär fixierten Schichten kann das latente Bild aus Silber bestehen, oder auch aus einem anderen Umwandlungsprodukt des Halogensilbers, eventuell aus veränderter Bindemittelsubstanz, welche die Abscheidung von Silber aus dem silbersalzhaltigen Entwickler begünstigt.

In beiden Fällen haben wir also nach der ersten Einwirkung des Entwicklers Negative, welche minimale Mengen metallischen Silbers enthalten. Die Durchentwicklung des Negativs kommt nach Ostwald[1]), Schaum[2]), Luther[3]) u. a. in folgender Weise zu stande:

1. Bei unfixierten Schichten werden die zunächst minimalen Silberkörnchen, welche an den belichteten Bromsilberkörnern sitzen, dadurch allmählich vergrössert, dass Bromsilber in Lösung geht, die Silberionen ihre positive Ladung an negative Ionen der Entwicklersubstanz abgeben, und die zunächst entstehende übersättigte Lösung von metallischem Silber letzteres da abscheidet, wo sich bereits Keime dieses Metalls befinden.

2. Bei primär fixierten Schichten erfolgt die Vergrösserung der kleinen Silberpartikel ganz analog, nur dass die zur Entladung gelangenden Silberionen aus dem der Entwicklerflüssigkeit zugesetzten Silbersalz stammen.

Die Entstehung des latenten photographischen Bildes wie auch der Vorgang der Entwicklung sind also nur Spezialfälle bekannter Erscheinungen an übersättigten Lösungen. Ebenso wie man durch Zeichnen, z. B. mit einem Alaun-Krystall auf einer Glasplatte, aber auch auf anderem, etwa mechanischem Wege (durch Ankratzen oder dergl.) ein durch Aufgiessen übersättigter Alaunlösung entwicklungsfähiges Bild erzeugen kann, entsteht ein latentes photographisches Bild durch direkte oder indirekte Bildung von Silberkeimen oder die Silberabscheidung begünstigender Schichtstellen; die gebildeten oder zunächst abgeschiedenen Silberkeime vergrössern sich in der übersättigten Silberlösung in gleicher Weise, wie die zugeführten oder an geeigneten Stellen freiwillig zur Abscheidung gelangten kleinen Alaunpartikel in der übersättigten Alaunlösung. Diese Auffassung des Entwicklungsvorganges ist also unabhängig von der eigentlichen Natur des la-

1) Zeitschr. f. Elektrochemie **5**, 177, 1898.
2) Gemeinschaftlich mit Herrn W. Braun angestellte Versuche.
3) Eders Jahrbuch 1900, S. 338, vgl. auch v. Lengyel, Wied. Ann. **66**, 1162, 1898.
4) Über die Entwicklung mit Dämpfen vgl. Archiv **2**, 9, 1900.

1) Lehrbuch d. allgem. Chemie **2**, 1078, 1893.
2) Archiv f. wiss. Phot. **1**, 139, 1899; **2**, 9, 1900.
3) Die chemischen Vorgänge in der Photographie, Halle a. S. 1899 (W. Knapp), S. 24.

tenten Bildes; Einwände, welche gegen dieselbe erhoben worden sind, beruhen offenbar auf Missverständnissen.

Die Silberkeimwirkung ist bisweilen unrichtig aufgefasst worden, indem man sie so interpretierte, dass die Reduktion von einem belichteten Bromsilberkorn auf die benachbarten unbelichteten übergreifen solle. Dies ist, wie von Eder[1]), Precht[2]) u. a. betont wurde, nicht der Fall, und kann auch nicht eintreten, da die Körner (meist) durch Gelatineschichten voneinander getrennt sind. Daher kann eine Schwärzung in der Umgebung eines Silberdrahtes ebensowenig eintreten (Schaum[3]), wie eine Strichverbreiterung, sog. Entwicklungsirradiation (Precht und Englisch[4]); auch das Ausbleiben des Abney-Effekts (Bildübertragung von einer belichteten Schicht auf eine unbelichtete beim Entwickeln) (Precht[5]) findet in diesen Umständen seine Erklärung. Nach Abegg und Herzog[6]), sowie nach Luther[7]) soll auch bei Gegenwart fein verteilten metallischen Silbers das Bromsilber sehr rasch entwickelt werden; von Lüppo-Cramer[8]) ist dies neuerdings, wenigstens für Gelatine-Emulsionen, bestritten worden. Die Beobachtung Lüppo-Cramers, dass unbelichtetes, gefälltes Bromsilber durch Entwickler reduziert wird, ist bereits von Abney[9]) gemacht worden, doch scheint nach den Versuchen dieses Forschers die Reduktion nicht so leicht vor sich zu gehen, wie Lüppo-Cramer angiebt.

Die physikalisch-chemischen Gesetze der Entwicklung sind von Luther in seiner wertvollen Schrift „Die Chemischen Vorgänge in der Photographie" behandelt worden. Luther bespricht u. a. die Umkehrbarkeit der dem Entwicklungsvorgang mit Eisensalzen zu Grunde liegenden Reaktion

$$Ag^{+} + Fe^{++} \rightleftarrows Ag + Fe^{+++}$$

und diskutiert unter Anwendung des Massenwirkungsgesetzes den Einfluss der Konzentration der reagierenden Bestandteile, sowie den die rechte Seite des Gleichgewichts begünstigenden Einfluss von Citrat-, Acetat- und Oxalat-Ionen etc. Die verzögernde Wirkung des Bromkaliums erklärt Luther durch die Annahme, dass Bromionen als Reaktionsprodukt die Entwicklung verlangsamen; mir scheint es wahrscheinlicher, dass die Ursache der Verzögerung in der Verminderung der Löslichkeit des Bromsilbers liegt; umgekehrt werden Thiosulfat und Natriumsulfit durch Erhöhung der Löslichkeit die Entwicklung beschleunigen; zwar ist bei Anwesenheit dieser Salze die Entwicklungsflüssigkeit sehr arm an Silberionen, weil die meisten derselben mit den Anionen jener Stoffe komplexe Ionen bilden, doch lässt sich einsehen, dass bei grosser Zerfallsgeschwindigkeit derselben, sowie bei beträchtlicher Lösungsgeschwindigkeit des Bromsilbers die pro Zeiteinheit entladene Menge von Silberionen erheblich grösser sein kann, als bei Abwesenheit jener Salze. Dass die Bedeutung des Sulfitzusatzes, wie Luther[1]) meint, auf dem Wegfangen des Sauerstoffs der Luft beruhen soll, ist mir nicht wahrscheinlich, weil nach Versuchen, die auf meine Veranlassung angestellt wurden, in einer Wasserstoffatmosphäre die Reduktion langsamer vor sich geht, als bei Gegenwart von Sulfit.

Die Entwicklersubstanzen sind, abgesehen vom Eisenentwickler, wohl ausschliesslich organische Verbindungen. Um die Systematik derselben haben sich Lumière und Seyewetz[2]) sowie Andresen[3]) Verdienste erworben. Es hat sich ergeben, dass solche aromatische Körper als Entwickler fungieren können, welche zwei Hydroxylgruppen resp. eine Hydroxyl- und eine Amidogruppe in Ortho- oder Parastellung enthalten. Solche Verbindungen sind bekanntlich im Gegensatz zu den Metaverbindungen befähigt, leicht in Chinone überzugehen[4]), und man kann den Vorgang z. B. für Hydrochinon elektrochemisch so interpretieren, dass der Körper $C_6H_4(OH)_2$ zum Teil dissoziiert ist in H^+-ionen und $C_6H_4(O)_2^{--}$-ionen; letztere geben ihre negative Ladung an das Silber ab und gehen dadurch in Chinone über. Diese organischen Stoffe sind vornehmlich in alkalischer Lösung wirksam, wegen der Verminderung der Wasserstoffionen und der darauf beruhenden Erhöhung des Reduktionspotentials einerseits und der mit der Salzbildung verbundenen Vermehrung der organischen Anionen andererseits. Auf die von den genannten Autoren studierten Einflüsse weiterer Substituenten kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Die Struktur des Negativs ist von Abney, Liesegang, Abegg, Precht und Amberg, Englisch, sowie von Schaum und Bellach[5]) untersucht worden. Letztere kamen auf Grund mikrophotographischer Untersuch-

1) Phot. Corr. 1899, S. 650.
2) Archiv f. wiss. Phot. 2, 155, 1900.
3) Archiv f. wiss. Phot. 1, 139, 1899;
4) Archiv f. wiss. Phot. 2, 179, 1900.
5) Archiv f. wiss. Phot. 2, 3, 1900; Precht und Strecker II, 158, 1900.
6) Archiv f. wiss. Phot. 1, 114, 1899.
7) Archiv f. wiss. Phot. 1, 274, 1899.
8) Phot. Mitteilungen, 1901, 59; Phot. Corr. 1901, S. 1; vgl. Liesegang, Archiv f. wiss. Phot. 2, 263, 1900.
9) Philos. Mag. (5) 3, 46, 1877.

1) Chem. Vorgänge, S. 68.
2) Les développateurs organiques etc. Paris 1893, sowie zahlreiche Abhandlungen in Eders Jahrbüchern.
3) Eders Jahrbuch 1899, S. 140 u. a.
4) Vgl. die ausführlichen Untersuchungen von Th. Zincke.
5) Archiv f. wiss. Phot. 1, 55; 109, 229, 1899; 2, 109, 179, 229, 243, 267, 1900.

ungen zu folgenden, von den Ansichten anderer Autoren zum Teil abweichenden Resultaten:

1. Bei normaler Hervorrufung (normale Zeit, normale Temperatur und normales Reduktionspotential des Entwicklers) können vornehmlich nur belichtete Bromsilberkörner bis zur mikroskopischen Sichtbarkeit entwickelt werden (siehe oben).

2. Die Grösse eines Silberkorns im fertigen Negativ ist abhängig

a) von dem photochemischen Affekt, welcher auf das entsprechende Bromsilberkorn gewirkt hat, d. h. von dem Produkt aus Belichtungsdauer, Intensität und chemischer Wirksamkeit der betreffenden Lichtarten;

b) von dem Reifungsgrad des entsprechenden Bromsilberkorns;

c) von der Dauer der Entwicklung, resp. der Natur des Entwicklers (d. h. von seinem Reduktionspotential, seiner Temperatur etc.).

3. Der Schwärzungsgrad ist (bei gleichem Quellungszustand der Schicht) abhängig von der Grösse und von der Zahl der Silberkörner in der Volumeinheit des Negativs; unter Volumeinheit soll ein Prisma verstanden werden, dessen Basis einer bestimmten Flächeneinheit und dessen Höhe gleich der Dicke der Negativschicht ist. Da die Zahl der hintereinander gelagerten Silberschichten vom photochemischen Affekt und von der Entwicklungsdauer abhängt, wird der Schwärzungsgrad also bedingt durch die unter 3 angeführten Faktoren.

Die in Punkt 2 behauptete, von vielen Forschern bestrittene Abhängigkeit der Korngrösse von der Belichtungsdauer lässt sich messend verfolgen. Die häufig ausgesprochene Behauptung, dass nur die Kornzahl von der Belichtungsdauer abhängig sei, ist also unrichtig, auch muss betont werden, dass die Kornzahl in der Flächeneinheit der obersten kornreichsten Schicht konstant, und nur die Kornzahl der Volumeinheit eine Funktion der Belichtungsdauer ist.

(Eingegangen 6. Mai 1901.)

REFERATE.

Allgemeine Chemie.

Besorgt von Prof. Dr. G. C. Schmidt.

R. J. Strutt, Über das Bestreben der Atomgewichte, sich ganzen Zahlen zu nähern.

Von Anfang unseres Jahrhunderts an hat man aus dem Zahlenmaterial, welches durch die Bestimmung der Atomgewichte der Elemente gewonnen wurde, allgemeine Schlüsse zu ziehen sich bemüht. Eine zuerst von Prout angeregte Gedankenreihe geht von der Annahme einer Urmaterie aus, welche anfangs in dem Wasserstoff enthalten sein sollte. Prout war daher der Ansicht, dass die Atomgewichte aller Elemente vielfache des Wasserstoffes seien. Dumas, dem wir eine ganze Reihe von Atomgewichtsbestimmungen verdanken, neigte anfangs derselben Ansicht zu, musste aber auf Grund seiner Versuche schliesslich eine kleinere Einheit, nämlich $^1/_4$ Wasserstoff, annehmen. Dieselbe Frage ist endgültig von J. S. Stas entschieden worden, welcher auf Grund seiner an Genauigkeit nicht erreichten Untersuchungen zu dem Schluss kam, dass die Proutsche Hypothese vollkommen unzulässig sei. Trotzdem die Frage endgültig erledigt schien, ist sie doch inzwischen immer wieder aufgetaucht. Ein Grund hierzu ist die thatsächlich vorhandene Annäherung der gemessenen Zahlenwerte an Multiple des Wasserstoffatoms. „Für die Ursache der thatsächlichen Abweichungen ist allerdings bisher keinerlei wahrscheinliche Ansicht aufgestellt worden, vor allen Dingen deswegen nicht, weil kein Vorgang bekannt ist, durch welchen die Massen gegebener Stoffe irgend eine Änderung erfahren. Es bleibt also zur Zeit nichts übrig, als die Zahlen so zu nehmen, wie die Versuche sie geben, und die Frage, welche Ursache die auffällige Annäherung derselben an Multiple des Wasserstoffes bedingen können, unbeantwortet zu lassen." (Ostwald, Grundriss d. allg. Ch., S. 33.)

Eine bemerkenswerte Rechnung hat nun R. J. Strutt kürzlich im Philosophical Magazine (Vol. 1, p. 311, 1901) über diesen Gegenstand durchgeführt. Er berechnet, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass die Atomgewichte ganzen Zahlen sich nähern, wenn ihre Werte auf irgend eine Weise bestimmt worden sind. Die Versuche haben nun folgende Zahlen ergeben:

Brom	79,955
Kohlenstoff	12,001
Chlor	35,455
Wasserstoff	1,0075
Stickstoff	14,045
Sauerstoff	16,000
Kalium	39,140
Natrium	23,050
Schwefel	32,065

Dies sind die am besten untersuchten Elemente. Wenn wir die Differenz jeder dieser Zahlen und der nächstliegenden ganzen Zahl

nehmen, so erhalten wir für die Summe der Differenzen 0,809 ($= x$). Die Zahl der Elemente beträgt 8, da der Sauerstoff als Normalelement wegfällt. Diese Zahl wollen wir mit i bezeichnen. Es fragt sich nun, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass bei der Anzahl i die Summe der Differenzen nicht grösser ist als x, wenn es gleich wahrscheinlich ist, dass das Atomgewicht willkürlich um 0,5 — 0 von einer ganzen Zahl abweicht. Um mehr kann dasselbe ja nicht abweichen. Für einen ähnlichen Fall hat bereits Laplace in seiner Théorie analytique des probalilités, p. 259, eine Formel abgeleitet; die Wahrscheinlichkeit ist danach

$$\frac{1}{i}\left\{\left(\frac{x}{0,5}\right)^i - i\left(\frac{x}{0,5}-1\right)^i + i\,\frac{(i-1)}{1\cdot 2}\left(\frac{x}{0,5}-2\right)^i\right\}.$$

Setzt man nun für x seinen Wert 0,809 und für i den Wert 8 ein, so erhält man das überraschende Resultat, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Annäherung der Atomgewichte an ganze Zahlen Zufall sei, sich wie 1 : 1000 verhält. Um Laplaces Ausdrucksweise zu gebrauchen, so haben demnach wir viel triftigere Gründe, an die Wahrheit einer modifizierten Proutschen Hypothese zu glauben, als an viele historische Thatsachen, welche allgemein als sicher angenommen werden. G. C. Schmidt.

(Eingegangen 30. Mai 1901.)

Tagesereignisse.

Die 42. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure wird vom 10. bis 12. Juni d. J. in Kiel stattfinden.

Von den Arbeiten des Vereines, über die verhandelt werden wird, darf das Unternehmen der Schaffung eines technischen Wörterbuches in den Sprachen Deutsch, Englisch, Französisch besonderes Interesse beanspruchen. Zur Teilnahme an diesem bedeutenden und umfangreichen Werke, das sich über eine Reihe von Jahren erstrecken wird, haben sich bereits mehrere Hundert Mitarbeiter im In- und Auslande gemeldet. Die Vorträge werden sich vornehmlich auf marinetechnischem Gebiete bewegen. Es werden sprechen: Herr Professor Slaby über die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Funkentelegraphie, Herr Marine-Oberbaurat Hüllmann über den heutigen Stand der deutschen Kriegsschiffbautechnik und Herr Marinebaumeister Mönch über die neuen Trockendocks der kaiserlichen Werft Kiel. Einen besonderen Reiz zum Besuche der Hauptversammlung bietet der Umstand, dass zu dem Stapellauf des Linienschiffes „E", der während der Tage der Hauptversammlung, nämlich am 12. Juni, auf der Germaniawerft stattfinden wird, die Mitglieder des Vereines eingeladen sind.

Neunte Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zu Dresden am 27., 28., 29. und 30. Juni 1901.

Tagesordnung und Festplan.

Donnerstag, den 27. Juni:
12 Uhr 30 Min., Vorstandssitzung im Vereinshause, Zinzendorfstrasse 13.
5 Uhr nachmittags, Ausschusssitzung im Vereinshause, Zinzendorfstrasse 13.
8 Uhr abends, Begrüssung der Festteilnehmer und ihrer Damen im grossen Saale des Gewerbehauses, Ostra-Allee 13.

Freitag, den 28. Juni:
9 Uhr vormittags, Erste Verbandsversammlung im Vereinshause, Zinzendorfstrasse 13.
I. Ansprache des Vorsitzenden.
II. Geschäftliche Mitteilungen:
a) Bericht des Generalsekretärs.
b) Berichte der Kommissionen.
c) Einsetzung der Kommissionen für das Jahr 1901/02.
III. Vorträge.
Von 12 Uhr bis 12 Uhr 30 Min. Frühstückspause.
Schluss der Versammlung um 2 Uhr 30 Min.
3 Uhr bis 6 Uhr, Besichtigung der städtischen Licht- und Kraftwerke, sowie der staatlichen Fernheiz- und Elektrizitätswerke.
7 Uhr 30 Min., Festmahl im Vereinshause, Zinzendorfstr. 13.
Die Damen versammeln sich um 10 Uhr im Zwingerhof.
Besichtigung des „Grünen Gewölbes" und Rundfahrt durch die Stadt.

Sonnabend, den 29. Juni:
9 Uhr 30 Min., Zweite Verbandsversammlung im Vereinshause, Zinzendorfstrasse 13.
I. Neuwahlen für Vorstand und Ausschuss.
II. Bestimmung des Ortes der nächsten Jahresversammlung.
III. Vorträge.
1 Uhr 30 Min., Schluss der Versammlung.
Im Vereinshause ist Gelegenheit zum Mittagessen.
2 Uhr 30 Min. bis 6 Uhr 30 Min., Gruppenweise Besichtigung des Elektrizitätswerkes der Dresdner Bahnhöfe, der A.-G. Elektrizitätswerke vorm. O. L. Kummer & Co., Niedersedlitz, der elektrisch betriebenen Eisenbahn-Reparaturwerkstätten und der Sächsischen Akkumulatorenwerke.
Ausserdem kann in der Zeit von 12 bis 2 Uhr das Kaiserliche Fernsprechamt besichtigt werden.
7 Uhr 30 Min. abends, Gartenfest.
Die Damen versammeln sich um 10 Uhr vormittags in der Kuppelhalle des Hauptbahnhofes. Ausflug nach Meissen zur Besichtigung der Königlichen Porzellanmanufaktur, des Domes und der Albrechtsburg.

Sonntag, den 30. Juni:
Ausflug mit der Eisenbahn nach Pötzscha; Aufstieg auf die Bastei und gemeinsames Mittagessen daselbst. Abstieg nach Rathen und von da mit Sonderdampfer zurück nach Dresden. Ankunft gegen 6 Uhr.
Schlusstrunk.

Wünsche wegen Besorgung von Hotelwohnungen sind an Herrn Dr. Eisig, Dresden-A., Semperstrasse 11, zu richten.

Personalien.

Die Akademie der Wissenschaften in Wien verlieh den Baumgartnerpreis für die beste Arbeit auf dem Gebiete der Physik an J. Elster und H. Geitel in Wolfenbüttel für die Arbeit: „Über die Zerstreuung der Elektrizität in der Luft."

Die Akademie der Wissenschaften in Wien ernannte den Pariser Chemiker Berthelot zum Ehrenmitgliede und den Professor für angewandte Thermodynamik an der Technischen Hochschule zu München Linde, zum korrespondierenden Mitglied.

Der Privatdozent und bisherige erste Assistent am Chemischen Institute der Universität Tübingen Dr. Karl Bülow ist zum etatsmässigen ausserordentlichen Professor an der naturwissenschaftlichen Fakultät mit dem Lehrauftrag für Organische Chemie ernannt worden.

Professor Julius Thomsen hat sich, im Alter von 75 Jahren, von seiner Thätigkeit als Direktor der polytechnischen Lehranstalt in Kopenhagen zurückgezogen, nachdem er mehr als ein Menschenalter als Universitätslehrer gewirkt hat.

Professor W. König in Greifswald ist als Nachfolger von Professor F. Richarz zum Ordinarius für Physik ebendort ernannt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 38. 22. Juni 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Kasan. (Direktor: D. A. Goldhammmer.)

No. 2. D. A. Goldhammer und J. J. Ariston. Eine einfache Form des Flüssigkeitsunterbrechers.[1])

Ganz neuerdings publizierte Herr E. Ruhmer[2]) eine neue Form des Flüssigkeitsunterbrechers von Simon, die die bestehenden Schwierigkeiten in einfacher Weise überwindet und mancherlei Vorzüge vor der alten Form besitzt". Wenn schon die „alte" Form des in Betracht stehenden Apparates etwas kompliziert und kostspielig zu sein scheint, so ist das für die von Herrn E. Ruhmer vorgeschlagene Form noch mehr der Fall. Wir erlauben uns daher hier eine höchst einfache Form des Lochunterbrechers kurz zu beschreiben, die wir schon Ende 1899 konstruiert und Anfang 1900 in der hiesigen Physikalisch-mathematischen Gesellschaft vorgeführt hatten. Als Porzellandiaphragma verwenden wir einen einfachen Porzellanbecher, dessen Wand an einer oder mehreren Stellen durchbohrt wird. Da die Wandstärke der Becher, welche wir in Kasan finden konnten, zu gross ausfiel, so mussten wir zunächst in der Wand eine genügend grosse nahezu nabelförmige Vertiefung machen, um dann die dünnste Stelle der Vertiefung durchzubohren. Die Vertiefung und Bohrung geschah einfach mittels eines abgerundeten entsprechend dicken resp. dünnen kupfernen Bohrers und stark mit Wasser befeuchteten Corborundum.

Die „nadelfeinen" Löcher lassen sich dadurch herstellen, dass man auf die passend dünn gewordene Stelle der Becherwand eine Nadel bringt und darauf einen ganz kurzen und leichten Hammerschlag giebt. In dieser Weise können wir Löcher herstellen, deren Durchmesser von etwa 0,2 bis 3—4 mm und mehr betragen; die Ränder des Loches können dabei nur einige Zehntel Millimeter dick sein.

Ist der Becher und das äussere Glasgefäss gross genug (unsere Becher sind etwa 10 cm hoch und haben etwa 10 cm Durchmesser), der elektrische Strom nicht zu stark und lässt man denselben nur eine kurze Zeit wirken, wie es z. B. bei Röntgenaufnahmen und dergl. der Fall ist, so erwärmt sich die Flüssigkeit nur langsam; auch die bekannte Erscheinung der Niveauänderung der Flüssigkeit spielt dabei keine besondere Rolle. Um aber den Unterbrecher auch für starke Ströme verwenden zu können (15—20 Amp. galvanometrisch gemessen und mehr) verbinden wir zwei gleiche Unterbrecher untereinander parallel nach der Art der galvanischen Elemente. Da ferner unsere Beobachtungen ergaben, dass die Niveauänderung der Flüssigkeit ihre Ursache nur in dem Mangel der Symmetrie auf den beiden Seiten des Lochdiaphragmas hat, möge die Asymmetrie z. B. nur in der Temperaturdifferenz bestehen, und dass ferner je nach den Umständen man entweder das Sinken der inneren Flüssigkeit oder das Steigen derselben bekommen kann, so lassen wir den Strom in beiden Zellen in umgekehrter Richtung gehen und verbinden die Flüssigkeit des inneren Gefässes der ersten Zelle mit derselben des äusseren Gefässes der zweiten Zelle und vice versa mit je einem mit Flüssigkeit gefüllten Heber. Dadurch werden nicht nur alle Vorteile der Ruhmerschen Anordnung erlangt, sondern auch die Erwärmung der Flüssigkeit sehr verkleinert; natürlich kann man für

1) Nr. 1. Vgl. diese Zeitschr. 1, 126, 1899.
2) E. Ruhmer, Diese Ztschr. 2, 445, 1901.

stärkere Ströme auch mehrere solche Zellenpaare in der angegebenen Weise parallel schalten, so dass man jede Kühlvorrichtung entbehren kann.

Wählt man die Gefässe hoch genug, so kann man auch die feinen Löcher auf verschiedene Höhe bringen lassen; dann wäre möglich die Lochdimensionen, also auch die Unterbrechungszahl einfach dadurch verändern, dass man mehr oder weniger Flüssigkeit vergiesst. —

Bekanntlich arbeitet der Simonsche Unterbrecher auch ohne jede besondere Selbstinduktion und giebt keinen so grossen „Stromumschlag". Hat aber die Diaphragmaöffnung die Form eines Kanales und ist die Stromdichte in demselben zu gross, so kann die Wirkung des Unterbrechers mit nur einer Öffnung ganz aufhören, da bei einer zu schnellen Gasentwickelung die Gasblasen in dem Loche sitzen bleiben; natürlich wirkt dieselbe Ursache auch im Falle von mehreren Löchern störend, weil das Funktionieren des Apparates unregelmässig wird. So konnte z. B. ein Becher mit einer konischen Öffnung von etwa 1 resp. 1,3 mm Durchmesser und 2,5 mm Länge mit der bestleitenden Schwefelsäure gefüllt garnicht arbeiten, wenn wir die Zelle einfach mit den Klemmen der hiesigen städtischen Centrale (160—170 Volt) verbanden. Die Stromunterbrechung begann erst, wenn der Strom durch das Einschalten von Widerstand (Glühlampen, 10—30 parallel untereinander) entsprechend geschwächt wurde.

Damit ist gezeigt, dass die Lochränder möglichst dünn gewählt werden müssen.

Sind die Löcher zu fein — was in den meisten Fällen für sehr grosse Unterbrechungszahlen nötig ist — so hat man noch mit einem Übelstande zu kämpfen: es bildet sich nämlich dann in der Flüssigkeit eine Menge von kleinen Blasen, so dass schon nach einer kurzen Wirkungsdauer die Flüssigkeit durch das Bilden von Schaum trübe wird, und die Regelmässigkeit der Unterbrechung aufhört. Man ist genötigt, dann den Unterbrecher einige Zeit sich „ausruhen" zu lassen und ihn in der Zwischenzeit durch einen anderen von gleicher Dimension oder Konstruktion zu ersetzen.

Als Elektroden benutzten wir Bleiblech, das wir passend zerschneiden und umbiegen lassen, um dem Becherglas und den Elektroden selbst eine genügende Stabilität zu geben und jede besondere Vorrichtung dazu zu entbehren.

Die Abbildungen Fig. 1 und 2, $^1/_5$ natürlicher Grösse, geben eine Vorstellung über die Gefässe, die Form der Elektroden und über die ganze Anordnung.

Die Herstellungskosten des Unterbrechers in dieser Form fallen ganz minimal aus.

Um die Konzentrationsänderung der Flüssigkeit durch Verdampfen und den lästigen Geruch zu beseitigen, bringen wir auf die Flüssigkeit

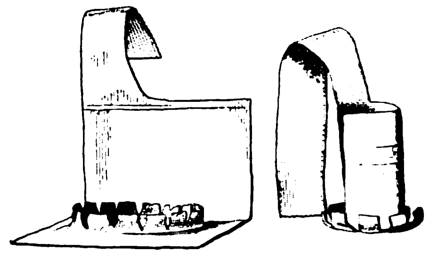


Fig. 1.

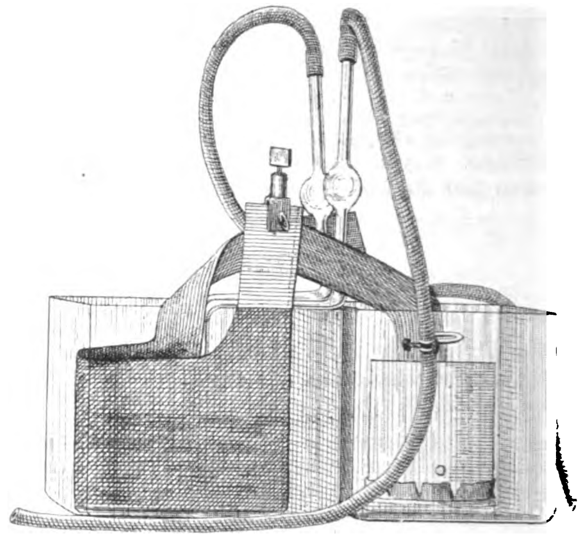


Fig. 2.

eine ganz dünne Schicht von Vaselinöl. Da bei unserer Anordnung jede Komplikation wie Gummidichtung, Schrauben, Kühlung und dergl. vollkommen wegfällt, so scheint uns dieselbe im Vergleich mit der Anordnung von Herrn E. Ruhmer viel vorteilhafter zu sein. Die Auswechselung der Ruhmerschen „Unterbrechungsplättchen" ist auch viel umständlicher, als das einfache Ein- resp. Ausgiessen der Flüssigkeit oder das Ersetzen eines Porzellanbechers durch einen anderen.

Die äusserste, man möchte sagen erstaunliche Haltbarkeit der Porzellanlöcher, können wir nur bestätigen. —

Zum Schlusse mögen hier noch einige allgemeine Bemerkungen über die Flüssigkeitsunterbrecher Platz finden.

Im Vergleich mit der Wehneltschen Form schreibt man gewöhnlich derselben von Simon zwei Nachteile zu: erstens relativ grossen Ohmschen Widerstand und zweitens Unmöglichkeit einer stetigen Änderung der Unterbrechungszahl. Die Anwendung der parallelen Schaltung beseitigt den ersten Übelstand vollständig. Was nun den zweiten anbetrifft, so ist dieser Vorteil von „Wehnelt" garnicht so wichtig, da in gewissen Grenzen derselbe auch bei „Simon" Platz findet — teils mit Hilfe der Vorschaltung des Widerstandes, teils durch

Änderung der Konzentration der leitenden Flüssigkeit[1]), teils endlich durch Änderung der Selbstinduktion der Kette; nimmt man noch die Möglichkeit einer schnellen Änderung der Lochzahl und Dimensionen bei unserer Unterbrecherform in acht, so werden in dieser Hinsicht die beiden Unterbrecherarten nahezu gleichwertig.

Da aber „Simon" auch ohne jede besondere Selbstinduktion arbeiten kann, keinen Stromumschlag giebt, jeder Sorge über die Stromrichtung entbehrt, wie auch einfacher und billiger ist, so scheint man genötigt, dem „Simon" einen entschiedenen Vorzug zu geben.

1) Der Zusatz von Glycerin zur verdünnten Schwefelsäure des Unterbrechers bewirkt auch eine sehr grosse Tonerniedrigung.

Kasan, Anfang Mai 1901.

(Eingegangen 3. Juni 1901.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Kasan. (Direktor: D. A. Goldhammer.)

No. 3. D. A. Goldhammer und J. J. Ariston. Elektrische Bogenlampe mit Handregulierung für Vorlesungszwecke.

Obgleich die Konstruktion der modernen automatisch wirkenden Bogenlampen technisch sehr vollkommen zu sein scheint, eignen sich dieselben doch für Vorlesungszwecke weniger gut, als solche mit Handregulierung. Die Nachteile der „Automaten" treten ganz besonders hervor, wenn man, wie es oft geschieht, den Strom der städtischen Centrale benutzen muss, dessen Spannungen, besonders in kleineren Städten sehr starken Schwankungen unterworfen ist. Nimmt man in Betracht, dass eine automatische Bogenlampe besondere Vorteile nur für ein langdauerndes Brennen hat, was gerade bei den Vorlesungen überflüssig ist, und dass die Anwesenheit eines Assistenten bei der Lampe in diesem Falle auch aus anderen Gründen unumgänglich ist, so tritt daraus ganz klar hervor, dass man für angegebene Zwecke einer von der Hand regulierbaren Bogenlampe einen entschiedenen Vorzug geben muss.

Und in der That ist seit den letzten Jahren in manchen Instituten solche Handregulierung eingeführt worden: so wurden z. B. schon 1898 auf der X. Versammlung russischer Naturforscher und Ärzte alle Demonstrationen mittelst einer Bogenlampe mit Handregulierung ausgeführt. Auch die Technik begann solche Lampen besonders zu empfehlen (z. B. die sogenannte „Volta" u. a.). Als weiterer Übelstand der jetzigen Bogenlampe ist noch zu notieren: erstens ein zu grosser Stromverbrauch (bei der Schuckertschen Lampe z. B. etwa 20 Amp., indem die Lampe zum Ingangsetzen des Mechanismus 30 Amp. erfordert), zweitens die Kostspieligkeit des Mechanismus. Der erste Übelstand ist bekanntlich durch das Bestreben verursacht, eine möglichst grösste Lichtstärke zu bekommen, um auch ohne Verdunkelung des Auditoriums projizieren zu können.

Begnügt man sich aber mit der Handregulierung der Bogenlampe, so kann derselbe Zweck auch in einer anderen und zwar billigeren Weise erreicht werden, nämlich durch eine rationellere Stellung der beiden Kohlen.

Es ist von vornherein klar, dass von dem Standpunkte eines besten Ausnutzens der Lichtstrahlen der Lampe, die beste Stellung der positiven Kohlen eine horizontale ist, wenn also die am stärksten leuchtende Kraterfläche dem Kondensator direkt zugewandt ist und daher in derselben ein Maximum von Lichtstrahlen aussendet. Stellt man daher die positive Kohle horizontal, so dass ihre Achse mit der optischen Achse der Linsen zusammenfällt, so hat diese Lage der Kohlen auch einen weiteren Vorzug: ist nämlich der Krater einmal richtig aufgestellt, so bleibt eine seitliche Verschiebung derselben oder eine Änderung der Höhe fast vollkommen ausgeschlossen. Durch Abbrennen der Kohle wird nur der Lichtpunkt in der Richtung der optischen Achse vom Kondensator weg verschoben: das „Centrieren" des Lichtpunktes ist somit ungemein erleichtert.

Wir stellten anfangs die negativen Kohlen unter 45^0 zum Horizont; es ergab sich aber später viel vorteilhafter, denselben unter eine Neigung von 60^0 zu stellen. Da nun zwei geneigte Geraden nur einen Schnittpunkt haben, so geht die Regulierung der Lampe höchst einfach vor sich: man braucht nur die beiden Kohlen einander zu nähern, um die Bogenlampe konstant zu halten.

Bei der von uns konstruierten Lampe (Fig. 1, $1/8$ natürliche Grösse) geschieht das Verschieben der beiden Kohlen mittelst zweier Schrauben;

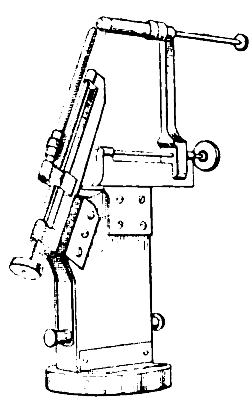


Fig. 1.

eine Vorrichtung zum höher und niedriger stellen, resp. zum Drehen der Lampe um eine vertikale Achse hatten wir schon vorher in unserer alten Dubosqschen Laterne. Die letzte Vorrichtung ist beinahe überflüssig; was aber die erste anbetrifft, so steht nichts im Wege, noch eine entsprechende Schraube an der Lampe selbst anzubringen.

Die Form und Dimensionen unserer Lampe sind so gewählt worden, dass dieselbe ganz einfach für jede alte Dubosqsche Laterne, die fast in jedem physikalischen Institute vertreten ist, angepasst werden kann: man braucht nur in den Wänden der Laterne die nötigen Ausschnitte machen zu lassen.

Mit der positiven Dochtkohle von 17 mm und der negativen Kohle von 94 mm Dicke benutzen wir 10—15 Amp. Mit dem Dubosqschen Kondensator von nur 8 cm Durchmesser und etwa ebenso grosser Fokaldistanz bekommen wir so viel Licht, dass fast jede Projektion geschieht, ohne das Auditorium zu verdunkeln. Bei passender Wahl des Kondensators muss unsere Lampe ceteris paribus alle Lampen mit anderer Stellung der Kohle an Lichtstärke übertreffen. Bei den Vorlesungen über die Experimentalphysik in der hiesigen Universität braucht der eine von uns seit mehr als einem Jahre nur diese Handregulierungslampe. Dieselbe hat sich sehr gut bewährt.

Nur beim Projizieren der Metallspektra mussten wir bisher eine gewöhnliche Lampe mit vertikal gestellten Kohlen anwenden, da zufällig die neue Lampe zu hoch gemacht ist. Es ist aber ersichtlich, dass man für den erwähnten Zweck dieselbe Lampe benutzen kann, wenn man den Krater genügend unter der optischen Achse der Linsen stellt und das nötige Metall seitwärts einführt. Der starke Luftzug in der Laterne stellt den Voltaschen Bogen in Form einer emporsteigenden Flamme mit genügender Konstanz aufrecht.

Kasan, im Mai 1901.

(Eingegangen 3. Juni 1901.)

Weitere Versuche über die Elektrizitätszerstreuung in abgeschlossenen Luftmengen.

Von J. Elster und H. Geitel.

Im folgenden sollen die Ergebnisse von ferneren Untersuchungen über die Elektrizitätszerstreuung in atmosphärischer Luft mitgeteilt werden, die sich an diejenigen anschliessen, die der eine von uns vor kurzem ausgeführt hat.[1])

Es hatte sich dabei herausgestellt, dass die Luft auch bei Ausschluss aller Einflüsse, von denen man weiss, dass sie ihr elektrisches Leitvermögen vermehren, keineswegs ein vollkommener Isolator ist und dass diese ihr eigentümliche Leitfähigkeit gerade wie bei jenen künstlich herbeigeführten abnormen Zuständen auf das Vorhandensein von Ionen in ihr zurückgeführt werden kann. Zu demselben Resultate ist unabhängig auch Herr C. T. R. Wilson[1]) gelangt.

Wie schon in der soeben citierten Mitteilung erwähnt wurde, zeigt die Zerstreuung in abgeschlossenen Luftmassen die Eigentümlichkeit, im Laufe einiger Tage einem über den Anfangsbetrag wesentlich hinausgehenden Grenzwerte zuzustreben. Als eine mögliche Ursache dieses Verhaltens schien der Staubgehalt der Luft gelten zu können; da staubhaltige Luft schlechter leitet als staubfreie, so könnte man annehmen, dass in jener Zunahme des Leitvermögens sich nur die allmähliche Selbstreinigung der Luft durch Absetzen des Staubes wiederspiegelt. In gewissem Grade ist diese Annahme wohl zutreffend, doch schien es von vornherein zweifelhaft, ob der hohe Betrag des Grenzwertes für die Zerstreuung (2 Proz. in der Minute bei 240 Volt Anfangsladung in einem Raume von mehr als 30 Litern) allein als Folge der schliesslich erreichten Staubfreiheit der Luft betrachtet werden durfte. Um hierüber Klarheit zu verschaffen, wurde zunächst versucht, durch möglichst vollständige künstliche Befreiung der Luft vom Staube jenen Grenzzustand in kürzerer Zeit herbeizuführen, als beim ruhigen Stehenlassen der Luft erforderlich war. Da die hierauf gerichteten Bemühungen nur ein negatives Resultat gehabt haben, so wird eine gekürzte Darstellung der Methoden und der Ergebnisse ausreichen.

Das zur Messung der Elektrizitätszerstreuung dienende Elektroskop mit aufgesetztem Zerstreuungskörper Z stand unter der l. c. beschriebenen tubulierten Glasglocke. Um Ladungen der inneren Glaswand auszuschliessen, war der Apparat von einer Hülle aus engmaschigem Messingdrahte MM' (Maschenweite 2 mm) umgeben, in die seitlich eine kleine Öffnung zum Ablesen der Skala des Instrumentes und oben eine zweite für die durch den Tubus einzuführende isolierte Sonde PS geschnitten war. Diese Hülle stand auf dem Eisenteller AB und war mit diesem zur Erde abgeleitet. Die Ladung des Elektroskops geschah wie früher durch die mit einer kleinen Kugel am Ende versehene Sonde, die nach erfolgter Ladung immer bis zu derselben Höhe über die Drahthülle emporgezogen und dann mit der Metallfassung des Tubus zur Erde abgeleitet wurde. Um die eingeschlossene Luft

1) H. Geitel, Diese Ztschr. **2**, 116, 1900.

1) C. T. R. Wilson, Cambridge Philosophical Society, 26. Nov. 1900; Nature **63**, 105, 1900.

in Cirkulation zu versetzen, war ein Gummigebläse G in eine Rohrleitung zwischen den Hähnen H und H_1 eingeschaltet. Wurde in dieselbe Leitung ein Wattefilter W eingefügt, so war es möglich, die Luft aus der Glocke durch den einen Hahn anzusaugen und mittelst des Gebläses durch das Filter und den anderen Hahn wieder hineinzutreiben, ohne dass von aussen neue Luft hinzutrat. Durch ein kleines Metallmanometer unter der Glocke liess sich kontrollieren, ob alle Verbindungen und Dichtungen gegen die während der Thätigkeit des Gebläses entstehenden Druckschwankungen fest genug waren.

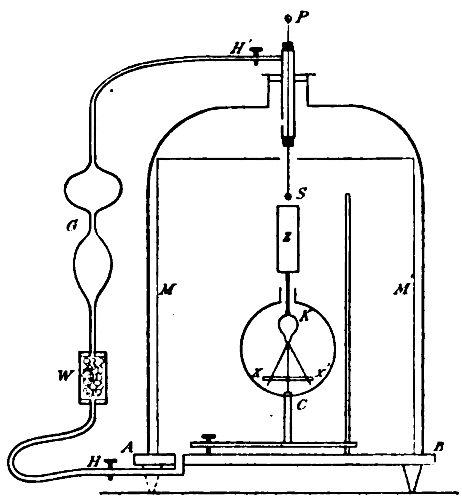
Hatte die Luft unter der Glocke etwa einen Tag gestanden, so dass die Zerstreuung zwar schon grösser als anfangs geworden, aber noch lange nicht bis zum Maximalwerte gewachsen war, so gelang es nicht, auch bei lange fortgesetztem Hindurchtreiben der Luft durch das Wattefilter diesen Maximalwert früher als bei ruhender Luft herzustellen. Auch als die Luft unter der Glocke mittelst einer Wasserstrahlpumpe bis auf wenige Centimeter Druck verdünnt war und dann neue von aussen in sehr langsamem stundenlangem Strome durch ein festgestopftes Wattefilter eingeführt wurde, blieb die Zerstreuung noch weit hinter dem Grenzwerte zurück. Diese Versuche sprechen nicht dafür, dass die Zunahme der Leitfähigkeit abgeschlossener Luftmassen auf das Fallenlassen des Staubes zurückführbar ist. Man müsste sonst jenem Staube eine solche Feinheit zuschreiben, dass er ungehindert die Filterschicht durchstreichen könne.

Eine weitere Methode, den Staub aus der Luft niederzuschlagen, beruht bekanntlich auf der Einwirkung elektrischer Ausströmungen. Um dieses Mittel anwenden zu können, musste dafür gesorgt werden, dass das Elektroskop, solange die Ausströmung unter die Glocke geleitet wurde, zur Erde abgeleitet war und nachher isoliert werden konnte, ohne dass Luft von aussen eindrang. Dies wurde durch ein metallenes zur Erde abgeleitetes Hebelwerk erreicht, dass mittelst einer Schnur, die durch die Bohrung des Hahnes H geführt war, von aussen so in Drehung gesetzt werden konnte, das ein Kontaktstift dem Cylinder Z nach Belieben bis zur Berührung genähert oder auf eine bestimmte Entfernung von ihm zurückgezogen wurde.

Nachdem die Kugel der Sonde durch eine Spitze ersetzt und diese bis ins Innere des Drahtnetzes vorgeschoben war, liess sich leicht mittels einer Influenzmaschine ein elektrisches Glimmlicht positiver oder negativer Art an dieser Spitze 10 Minuten lang erhalten. Das Anwachsen der Leitfähigkeit der eingeschlossenen Luft zeigte sich auch nach diesem Eingriffe nicht merklich beschleunigt.

Es scheint uns daher der Schluss gerechtfertigt, dass das Absetzen des Staubes bei der beobachteten Zunahme der Leitfähigkeit begrenzter Luftmassen nur eine untergeordnete Bedeutung hat.

Da vielfach die Elektrizitätszerstreuung mit dem Wasserdampfgehalte der Luft in Verbindung gebracht worden ist, so hielten wir es für zweckmässig, auch diesen unter fortwährender Kontrolle der Zerstreuung in den weitesten Grenzen zu verändern. Statt des Wattefilters W wurde eine Kochflasche mit doppelt durchbohrtem Stopfen, die etwas Wasser enthielt, in die Schlauchverbindung $H H'$ eingeschaltet. Beim



Erhitzen des Wassers bis nahe zum Sieden liess sich mit Hilfe des Gebläses eine genügende Menge Wasserdampf unter die Glocke treiben, um die Luft dort vollständig zu sättigen. Zur Messung des Feuchtigkeitsgehaltes diente ein Haarhygrometer, das neben dem Elektroskope unter dem Drahtgeflechte $M M'$ Platz fand. Ausserdem stand unter der Glocke eine mit Phosphorsäureanhydrid halb gefüllte Schale, die am oberen ebenen Rande dick mit Vaseline bestrichen und durch eine darauf gelegte starke Stanniolplatte vorläufig luftdicht verschlossen war. Von dem Stanniol führte ein Faden durch den Hahn H mehrere Centimeter in den über diesen gezogenen Gummischlauch hinein.

Sollte die Stanniolplatte von der Phosphorsäureschale abgezogen werden, so war dies von aussen ohne Lüftung der Glocke dadurch möglich, dass man den Schlauch mit dem darin enthaltenen Faden in einiger Entfernung von H mit den Fingern fest fasste und so lang als möglich ausdehnte, während man mit der anderen Hand das Abgleiten des Schlauches vom Hahne verhinderte.

Bei der Zusammensetzung des Apparates war die Phosphorsäure zunächst unter Stanniol-

verschluss und die Kommunikation der das Wasser enthaltenden Kochflasche mit dem Innern der Glocke durch auf die Schlauchverbindungen gesetzte Quetschhähne unterbrochen. Nach mindestens 5 Tagen, als die Zerstreuung nicht mehr wesentlich zunahm, begann der Versuch. Der Verlust an Spannung betrug bei dem angewandten Elektroskop in der Stunde 40,2 Volt und erwies sich, entsprechend den Ergebnissen der früheren Untersuchung, als unabhängig von der Anfangsladung. Das Hygrometer zeigte 43 Proz. relative Feuchtigkeit, die Temperatur lag wie auch bei den folgenden Ablesungen zwischen 18 und 20° C. Nun wurde nach Entfernung der Quetschhähne und Erhitzung des Wassers in der Kochflasche Wasserdampf entwickelt und vermittelst des Gebläses unter die Glocke getrieben. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft stieg auf 91 Proz., ohne dass die Zerstreuung — mit 40,0 Volt Spannungsabnahme in der Stunde — eine Änderung erkennen liess. Alsdann wurde die Phosphorsäure in der beschriebenen Weise langsam aufgedeckt. Im Laufe eines Tages sank die relative Feuchtigkeit auf 7 Proz., die Zerstreuung erwies sich als konstant geblieben, sie schwankte während der Austrocknung der Luft nur unbedeutend zwischen einer Spannungsabnahme von 39 bis 41 Volt pro Stunde; die letzte Zahl gilt für den höchsten Grad der Trockenheit, der erreicht war.

Die bei dem Elektroskope mögliche Trocknung des Gehäuses durch Natrium wurde nicht angewandt; die Isolation des Bernsteines, in den der Träger der Aluminiumblättchen eingelassen ist, vermag, wie auch aus diesem Versuche hervorgeht, einer so hohen Luftfeuchtigkeit, wie sie hier vorübergehend hervorgerufen wurde, durchaus zu widerstehen.

Unser Ergebnis bestätigt das früher von Warburg[1]) erhaltene; feuchte und trockene Luft im geschlossenen Raume verhält sich unter sonst gleichen Umständen in Bezug auf Elektrizitätszerstreuung gleichartig.

Wenn hiernach ein Zusammenhang zwischen der im Laufe der Zeit erworbenen höheren Leitfähigkeit abgesperrter Luftmengen mit etwaigen Veränderungen ihres Gehaltes an Staub und Wasserdampf für unwahrscheinlich gehalten werden musste, so war die Ursache der Erscheinung selbst nur um so rätselhafter geworden.

Allerdings würde es möglich sein, jene Zunahme der Leitfähigkeit, selbst noch in weit stärkerem Grade, künstlich hervorzurufen, indem man eine Spur einer radioaktiven Substanz innerhalb der zu untersuchenden Luftmasse einschlösse. In diesem Falle würde durch die fortschreitende Aktivierung der Wände des Gefässes, wie auch der Luft selbst die in der

1) Warburg, Pogg. Ann. **145**, 578, 1872.

Zeiteinheit erzeugte Ionenmenge im Laufe der Zeit anwachsen, bis ein Maximum der möglichen Aktivierung erreicht ist.[1])

Es war daher die nächstliegende Frage, ob eine der bekannten radioaktiven Substanzen, wenn auch in äusserst geringen Spuren, unter der Glocke vorhanden sein konnte.

Da uns bekannt war, welcher Gefahr von Täuschungen man sich aussetzt, wenn man Messungen der Elektrizitätszerstreuung in Zimmern ausführt, in denen, selbst in wohlverschlossenen Metallbehältern radioaktive Substanzen aufbewahrt werden, so hatten wir von vornherein alle derartigen Präparate aus dem Hause entfernt und die Untersuchung — wie die vorhergegangene — in einem von dem Laboratorium möglichst fern liegenden Raume mittels z. T. neu hergestellter Apparate ausgeführt. Konnte so an die Einwirkung von Radium wohl schwerlich mehr gedacht werden, so war die Anwesenheit eines Minimums der ebenfalls radioaktiven Thorerde nicht mit gleicher Sicherheit in Abrede zu stellen. Wie sollte es auch möglich sein, bei der jetzigen Verbreitung des Auerschen Glühlichts die absolute Freiheit eines Apparats von Thorerdestaub zu gewährleisten, dessen Bestandteile den verschiedensten Werkstätten und Verkaufsräumen entstammen? Hierzu kam die Wahrnehmung, dass der Grenzwert der Zerstreuung nicht unabhängig von den unter der Glocke mit eingeschlossenen Objekten zu sein schien.[2])

Um nicht missverstanden zu werden, es war nicht die Leitfähigkeit der Luft an sich, sondern deren spontane Zunahme in abgeschlossenen Räumen, bei der wir das Hineinspielen der Wirkung radioaktiver Stoffe argwöhnen mussten.

Zur Beseitigung dieser Zweifel bot sich ein Weg dar. Da die Zerstreuung unter der Glasglocke einer gewissen Zeit bedarf, um bis zu dem Maximalwerte anzusteigen, so war, wenn diese Erscheinung von allgemeinen Bedingungen abhing, zu erwarten, dass in natürlichen abgeschlossenen Räumen, nämlich in Höhlen, in denen die Luft nahezu stagniert, jener Höchstbetrag längst erreicht und konstant vorhanden sein würde. Die Grösse der hier zur Verfügung stehenden Luftmasse im Vergleich zu dem engen Raume der Glasglocke würde ausserdem die Zerstreuung vermehren, und die Versuchsbedingungen den für die freie Atmosphäre gültigen ähnlicher machen.

Wir brachten den hierin angedeuteten Gedanken durch einen Besuch der Baumannshöhle im Harze am 27. und 28. April d. J. zur Aus-

1) Vgl. hierüber P. Curie und A. Debierne, C. R. **132**, 548, 1901; C. R. **132**, 768, 1901. Diese Zeitschr. **2**, 500 und 513, 1901.

2) Wir gedenken auf eine mögliche Ursache dieser Erscheinung demnächst zurückzukommen.

führung, bevor die in den Sommermonaten übliche elektrische Beleuchtung der Höhlenräume in Thätigkeit trat.[1])

Zur Ablesung der Instrumente in der Höhle wurde entweder eine Blendlaterne oder eine Petroleumlampe mit Cylinder benutzt, die nur auf einen Moment zur Beleuchtung der Skala genähert und dann gelöscht wurde. Die Anwendung der qualmenden Grubenlichter blieb auf das notwendigste Mass beschränkt, um eine Verunreinigung der Luft durch Russ möglichst zu verhindern.

Die vergleichenden Messungen ausserhalb und innerhalb der Höhle zeigten nun in schlagender Weise die ganz abnorm gesteigerte Leitfähigkeit der Höhlenluft. Um die Ergebnisse direkt vergleichbar zu machen, wurde stets mit aufgesetztem „Schutzcylinder" beobachtet.[2])

So ergab sich am 28. April morgens 8^h 45 bei dunstiger Luft im Freien vor dem Eingang der Höhle eine Zerstreuung von 0,61 % in der Minute. Im Innern dagegen, in der Mitte des als Tanzsaal bezeichneten grossen Raumes fanden wir anfangs 11,3 %. Ein Unterschied in der Zerstreuung für positive und negative Ladungen war nicht merklich, doch nahm diese im Laufe von 2 Stunden bis 7,9 % ab, während die Luft in dem Raume deutlich den Geruch nach dem Qualme der Grubenlichter angenommen hatte. Um 12 Uhr mittags beobachteten wir im Freien vor der Höhle, entsprechend der inzwischen aufgetretenen Klärung der Atmosphäre, eine Zerstreuung von 1,6 %.

Natürlich wurde die Fehlerbestimmung, d. h. die Messung des Elektrizitätsverlustes im Gehäuse des Elektroskops, nicht unterlassen. Dieser ergab sich in der Höhle am Schlusse der Beobachtungen zu weniger als 0,01 %, liegt also, wie stets bei Anwendung der Bernsteinisolation, unterhalb der Genauigkeitsgrenze der Methode.

Zur richtigen Beurteilung des Ergebnisses möge bemerkt werden, dass die höchsten, aber nur äusserst selten vorkommenden Maxima in freier Luft in unserm Klima etwa 3,5 % erreicht haben. Am nächsten kommen den in der Höhlenluft gemessenen Beträgen die Zerstreuungen für negative Ladungen, die wir auf dem Säntisgipfel massen und die Elster auf Spitzbergen gefunden hat.[1])

Man hat, um die gesteigerte Leitfähigkeit abgesperrter Luftmassen zu erkennen, nicht nötig, natürliche Höhlen aufzusuchen. In einem Kellerraume an unserm Wohnort fanden wir eine Zerstreuung von 6,5 %, nachdem die Fenster 8 Tage lang geschlossen gehalten waren. Künstliche Beleuchtung wurde bei diesen Messungen überhaupt nicht angewandt, da das durch die Fenster einfallende Tageslicht zum Ablesen der Skala ausreichte. Das Gebäude, dem der Keller zugehört, enthält in keinem seiner Räume Auersches Glühlicht, der Verdacht einer Infektion des Kellers durch Thorerdestaub hat demnach keine Grundlage.

Das Ergebnis der Untersuchung lässt sich in folgender Weise zusammenfassen:

Die allmähliche Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit bis zu einem gewissen Grenzwerte, die man an abgeschlossenen Luftmassen beobachtet, kann nur zu einem unbedeutenden Teile auf das Absetzen des anfänglich vorhandenen Staubes, auch nicht auf Schwankungen des Feuchtigkeitsgehalts zurückgeführt werden, sie zeigt sich in auffallender Art in der abnorm hohen Leitfähigkeit der Luft in Höhlen und dauernd abgesperrten Kellerräumen.

Da die abgeschlossenen Luftmengen sich so verhalten, als seien in ihnen selbst oder in den einschliessenden Wänden geringe Spuren radioaktiver Substanzen zugegen, so erscheint es nicht unmöglich, dass entweder die bis jetzt bekannten radioaktiven Elemente, wenn auch nur spurenweise, überall verbreitet sind oder dass die Radioaktivität selbst eine Eigenschaft ist, die in geringerem Masse auch andern Elementen zukommt.

1) Wir sind Herrn Forstmeister Stolze zu Rübeland im Harze für die bereitwillige Förderung unseres Vorhabens zu besonderem Danke verpflichtet.

2) Die Methode solcher Messungen ist ausführlich beschrieben in Terr. Magnetism. **4**, 216—222, 1899; kürzer in dieser Zeitschrift **1**, 11, 1899.

1) J. Elster und H. Geitel, Terrestrial Magnetism, l. c. S. 225. J. Elster, Diese Zeitschrift **8**, 115. 1900.

Wolfenbüttel im Juni 1901.

(Eingegangen 7. Juni 1901.)

REFERATE ÜBER DIE BERICHTE DES INTERNATIONALEN PHYSIKERKONGRESSES ZU PARIS.

H. Becquerel, Über die Uranstrahlen und die verschiedenen physikalischen Eigenschaften der von radioaktiven Körpern herrührenden Strahlung. 31 S.

P. Curie und Frau Curie, Die neuen radioaktiven Substanzen und die von ihnen emittierten Strahlen. 35 S.

In zwei ausführlichen Referaten von berufenster Hand ist der gegenwärtige Stand unseres Wissens über die Eigenschaften und Wirk-

ungen der rätselhaften Becquerelstrahlen dargestellt. Die grosse Fülle des mitgeteilten Materials macht eine auszugsweise Wiedergabe unmöglich. Die beiden Berichte ergänzen sich gegenseitig insofern, als in dem ersteren hauptsächlich die photographischen, im zweiten hauptsächlich die elektrischen Beobachtungsmethoden beschrieben sind. Jedenfalls dürfte für alle, die sich mit den neuen Strahlen beschäftigen wollen, das Studium dieser beiden Berichte der beste Weg sein, um sich über das schon ziemlich umfangreich gewordene Gebiet zu orientieren.

W. Kaufmann.

(Eingegangen 6. April 1901.)

J. J. Thomson, Über Andeutungen hinsichtlich der Konstitution der Materie, welche durch die neueren Untersuchungen über die Entladungen der Elektrizität in Gasen geliefert werden. 13 S.

Der Inhalt dieses Rapports ist eine Skizzierung einer Theorie der Elektrizitätsleitung in Metallen auf Grundlage der Korpuskularhypothese. Sie hat daher sehr viel Ähnlichkeit mit anderen gleichzeitig z. B. von Drude entwickelten Theorien. Thomsons Korpuskeln sind diejenigen negativ geladenen Teilchen, die z. B. die Kathodenstrahlen ausmachen, die den magnetisch ablenkbaren Teil der Radiumstrahlung darstellen, die von geladenen Metallplatten ausgehen, die ultraviolett bestrahlt werden u. s. w., also jene Teilchen, die nach Thomson, Lenard und Kaufmann für $\frac{e}{m}$ = ungefähr $= 10^{-7}$ elektromagnetische Einheiten und für $e = 6 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten aufweisen. Die Anwesenheit dieser Korpuskeln in Metallen ist nach dem Verfasser einer Dissoziation der gewöhnlichen Moleküle in diese ausserordentlich kleinen negativ geladenen Korpuskeln und in positiv geladene Teile zuzuschreiben, die verbleiben, nachdem sich das Korpuskel vom Molekül abgelöst hat.

Es würde hier zu weit führen, diese ganze Theorie auseinander zu setzen; es sollen daher nur die Hauptleitsätze und die wichtigsten abgeleiteten Formeln mitgeteilt werden.

„Die Korpuskeln sind in der Masse des Metalles zerstreut und können sich da frei bewegen; wenn eine elektrische Kraft auf dieselben wirkt, so bewegen sie sich in der der Kraft entgegengesetzten Richtung, da sie negativ geladen sind; durch die Bewegung der Korpuskeln wandert also eine gewisse Elektrizitätsmenge durch irgend einen Querschnitt durch die Substanz. Die Korpuskeln bewirken also die Stromfortführung und ihrer Anwesenheit verdanken die Metalle ihre Leitfähigkeit. Wenn sie von einem Punkte höherer Temperatur zu einem Punkte niedrigerer Temperatur wandern, tragen sie also Energie mit sich fort, und können daher auch als die Erzeuger der Wärmeleitfähigkeit angesehen werden. Unter der Annahme nun, dass die Korpuskeln sowohl die Träger der Wärme als der Elektrizität sind, lassen sich also die Beziehungen beider Leitfähigkeiten berechnen. Er berechnet für das Verhältnis elektrischer Leitfähigkeit $\left(\frac{1}{\sigma}\right)$ zur Wärmeleitfähigkeit (K)

$$\frac{\frac{1}{\sigma}}{K} = \frac{3}{2\alpha} \frac{e^2}{m^2} \frac{\Theta}{c^4},$$

wo α eine Konstante, e und m die bekannten Grössen, Θ die absolute Temperatur und c die mittlere Translationsgeschwindigkeit ist."

Verfasser sucht dann weiter die Anzahl n der Korpuskeln zu berechnen, die in einem Einheitsvolumen eines Metalles enthalten sind. Er benutzt Lenard und Howards Daten über den Einfluss des magnetischen Feldes auf die Leitfähigkeit des Wismutes und findet für $n\,e = 0{,}11$ ungefähr, während für Wasserstoff das Produkt der Anzahl N der im cm^3 bei 760 mm Hg und 0^0 enthaltenen Moleküle und der Ladung e gleich 0,4 ist.

Die mittlere freie Weglänge des Wismutkorpuskel ergiebt sich zu $\lambda = 10^{-4}$ cm ungefähr.

Bei der Berechnung dieser Grössen erhält Verfasser eine Formel für die Widerstandsvermehrung im Magnetfeld und zwar:

$$\frac{\delta\sigma}{\sigma} = \frac{1}{12} H^2 \frac{e^2}{m^2} \frac{\lambda^2}{c^2}.$$

Betrachtet man nun Metallschichten, die so dünn sind, dass die Dicke d kleiner ist als λ, oder auch nur von gleicher Grössenordnung ist, so erfordert die Theorie, dass nicht nur eine Erhöhung des spezifischen Widerstandes erfolgt, sondern dass auch der Einfluss des Magnetfeldes ein viel geringerer wird. (J. J. Thomson, Proc. Cambr. Phil. Soc. XI, 120.) Im Cavendish Laboratorium ausgeführte Versuche von Patterson an dünnen Wismutschichten (Proc. Cambr. Phil. Soc. XI, 118) haben dies in der That ergeben.

Die Thatsache, dass trotz ihrer grossen Geschwindigkeit und des Druckes, den sie im Innern ausüben, keine Korpuskeln aus dem Metall gewissermassen hinausfliegen, erklärt Verfasser dadurch, dass austretende Korpuskel eine positive Ladung des Metalles zurücklassen würden, die dann ihrerseits auf die ausgetretenen Korpuskeln anziehend wirken und dieselben so am Metalle festhalten würden. Es würde sich

auf der Oberfläche des Metalles eine Art Doppelschicht bilden, mit der positiven Seite gegen das Metall und der negativen nach aussen hin.

Aus den Formeln geht hervor, dass die Energie der Korpuskel und demzufolge die Tendenz das Metall zu verlassen, mit der Temperatur zunimmt. Verfasser hält es für möglich, dass die bei niederen Drucken erzeugten Ionisationen durch glühende Drähte einen derartigen Ursprung haben.

Verfasser kommt dann weiter auf die von Giese und Riecke entwickelten Theorien der Elektrizitätsleitung zu sprechen, gegen die er den fundamentellen Einwand erhebt, dass bis jetzt noch kein Fall eines Transportes von Materie bei der metallischen Elektrizitätsleitung bekannt geworden ist, ein Einwand, der bei des Verfassers Theorie wegfällt.

Zum Schluss sucht Thomson die Differentialgleichungen auf, die im Sinne der entwickelten Hypothese die Verteilung der Korpuskel durch das Metall bestimmen. S. Guggenheimer.

(Eingegangen 22. Mai 1901.)

REFERATE.

Geophysik.

Besorgt von Professor Dr. E. Wiechert.

Die norwegische Nordpolarexpedition 1893—96. Wissenschaftliche Resultate. Herausgegeben von Fridtjof Nansen. VIII. O. E. Schiötz, Resultate der Pendelbeobachtungen und einige Bemerkungen über die Beschaffenheit der Erdrinde.

Zur Untersuchung der Schwerkraft nahm die Expedition einen Pendelapparat mit von der Konstruktion v. Sternecks mit unveränderlichen Halbsekundenpendeln. Zu diesem Apparate gehörten zwei Pendel, deren Konstanten v. Sterneck in Wien bestimmt hatte, so dass die Beobachtungen auf den von Oppolzer bestimmten Beschleunigungswert bezogen werden können. Die Schwingungszeiten der Pendel wurden in Christiania vor der Abreise der Expedition und ebenso nach der Wiederkehr bestimmt; es zeigte sich, dass sie sich fast garnicht verändert hatten.

Nur eine Bestimmung wurde auf festem Lande, nämlich bei Khabarova am Eingang in das Karische Meer, die übrigen Beobachtungen während des Treibens im Eise gemacht. Die beiden ersten fanden im Januar und im März 1894 statt, etwas nördlich von Sibirien zwischen 79^0 und 80^0 n. Br., die übrigen acht zwischen 84^0 und 86^0 n. Br. im Jahre 1895 und 96. Am 8., 10. und 11. Juni 1895 wurden die Beobachtungen auf dem Eise in einer Schneehütte ausgeführt, die übrigen wurden im Winter an Bord, und zwar im Salon mitten in der Nacht gemacht, während die übrige Mannschaft schlief. Kapitän Scott-Hansen, dem die Pendelbeobachtungen oblagen, führte dieselben mit besonderer Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit aus. Um ein Mitschwingen der Unterlage möglichst zu vermeiden, das in unbekannter Weise die Schwingungsdauer der Pendel hätte verlängern können, wurde der Apparat stets direkt auf dem Boden im Salon so aufgestellt, dass die Pendel quer zur Achse des Schiffes und parallel mit den darunterliegenden Balken schwangen. Scott-Hansen musste deshalb während der Beobachtungen auf dem Boden liegen. Dieselbe gezwungene Stellung musste er auch in der Schneehütte einnehmen, während der Pendelapparat auf das feste, homogene Eis gestellt wurde, nachdem der Schnee abgekratzt worden war. Während der Beobachtungen bei Khabarova änderte sich die Temperatur ziemlich rasch, weshalb diese weniger gut sind. Am Bord und in der Schneehütte schwankte die Temperatur dagegen gewöhnlich nur ganz wenig, höchstens um $0{,}5^0$ während einer vollen Beobachtung.

Infolge der von Scott-Hansen getroffenen Vorsichtsmassregeln können seine Beobachtungen direkt mit denen verglichen werden, die in Christiania ausgeführt wurden. Indessen ist doch Rücksicht auf den Einfluss zu nehmen, den möglicherweise die Bewegung des Eises auf die Schwingungsdauer der Pendel gehabt haben kann. Eine regelmässige Translationsbewegung, selbst wenn diese nicht gleichförmig, aber gleichförmig zu- oder abnehmend ist, hat, wie sich zeigen lässt, keine Einwirkung. Anders verhält sich das mit unmerklichen Erschütterungen, die im Treibeise z. B. bei Änderungen im Triebe haben auftreten können. Solche Erschütterungen werden immer, wie der Verfasser schon früher gezeigt hat, eine Verminderung der Schwingungsdauer des Pendels bewirken und dadurch zu einem zu grossen Wert für die Beschleunigung führen. Dass eine solche Einwirkung wohl befürchtet werden kann, zeigen Beobachtungen, die auf dem Eise im Juni 1895 angestellt wurden. Am 8. wurde daselbst eine Beobachtung gemacht, am 9. wehte ein heftiger Wind, welcher an Stärke an den beiden folgenden Tagen abnahm, an welchen mit beiden Pendeln beobachtet wurde. Die Geschwindigkeit des Treibeises, welche an den beiden Tagen

vom 8. bis zum 10. Juni etwa 20 km betrug, verminderte sich dabei in den folgenden 24 Stunden auf nur 4,8 km. Die Beobachtungen an diesen Tagen gaben folgende Resultate:

	nördliche Breite	Länge östl. Green.	g beobachtet	γ berechnet	$g-\gamma_0$ Differenz
8. Juni	84° 34,1′	84° 25,3′	9,83136 m	9,83147 m	−0,00011 m
10. „	84° 42,4′	83° 14′	195 „	149 „	+ 46 „
11. „	84° 44,7′	83° 0,5′	251 „	150 „	+ 106 „

wo die berechneten Werte nach der Helmert-schen Formel

$$\gamma_0 = 9{,}780\,(1 + 0{,}005310\, sin^2\varphi)\ m$$

gefunden sind. Wie man sieht, steigt der Wert für g von einem Tage zum andern und zwar wird, obschon die beiden letzten Beobachtungsorte nur etwa 5 km voneinander über einer Tiefe von mehr als 3000 m liegen, am 11. Juni ein um 0,56 mm grösserer Wert gefunden, als am 10. Juli. Am 11. Juli erwähnt Scott-Hansen ausdrücklich, dass er im Eise Getöse hörte, ehe er die Pendelbeobachtungen begann. Die letzterwähnten Messungen können daher nicht zur Bestimmung der Beschleunigung benutzt werden; wenn diese an einzelnen Orten zu gross gefunden wird, darf man folglich daraus keinen bestimmten Schluss ziehen.

Nimmt man die Beobachtungen am 16. Januar 1894 und 1896 aus, von denen die erste einen merklich zu kleinen, die andere einen zu grossen Beschleunigungswert ergiebt, so sind die an den übrigen Tagen gefundenen Werte als normal zu betrachten, wenn man von der oben angegebenen Helmert'schen Formel ausgeht. Werden ferner die Beobachtungen am 14. und 23. November 1895, die nahe bei 86° gemacht wurden, und die Beobachtungen am 29. und 30. April 1896, die nahe bei 84° erhalten wurden, bezüglich auf diese Breiten reduziert, so bekommt man:

Breite	Länge östl. Greenw.	g beobachtet	γ berechnet	$g-\gamma_0$ Differenz
84°	12° 18′	9,83124 m	9,83136 m	−0,00012 m
86°	65° 25′	9,83165 „	9,83168 „	−0,00003 „

beide Werte geben durch Kombination

$$g\ 85^0 = 9{,}83147\ \mathrm{m}.$$

Aus den Beobachtungen der Expedition folgt daher, dass die Schwerkraft über dem tiefen Polarbassin nicht grösser als normal sein kann; nach der obigen Formel muss sie als normal betrachtet werden. Auf den andern Weltmeeren wird, wie wir annehmen müssen, sich das ebenso verhalten, so dass die Schwerkraft unter derselben Breite bei hinreichender Entfernung von der Küste auf dem Ozean wahrscheinlich denselben Wert besitzt, wie im Flachlande auf dem Kontinente. Von dieser Annahme ausgehend, sucht der Verfasser einige Schlüsse bezüglich der Beschaffenheit der Erdkruste zu ziehen, indem er der Einfachheit wegen von der Rotation der Erde und ihrer Abweichung von der Kugelgestalt absieht. Rechnet man, dass die Erdkruste sich so tief abwärts erstrecke, als man gehen muss, um die Dichte in gleichem Abstand vom Mittelpunkt rings um die ganze Erde gleich annehmen zu können, so folgt aus der erwähnten Annahme, dass man stets das gleiche Massenquantum unter jeder Flächeneinheit der Erdoberfläche haben muss, ob man sich draussen auf dem Ozean oder auf dem Flachlande in hinreichend grossem Abstande von der Küste befindet. Diese Schlussfolgerung muss aber auch auf Gebirgszüge sich ausdehnen lassen, da Beobachtungen zu der Annahme geführt haben, dass diese Massenerhöhungen im grossen und ganzen durch Massendefekte in der Tiefe kompensiert werden. Da die Dicke der Erdrinde gross im Verhältnis zur Tiefe der Weltmeere sein muss, so kann man an Stelle dessen sich auch denken, dass die betrachteten Teile der Erdrinde einen gleich grossen Druck auf die Flächeneinheit der Oberfläche des inneren Kernes ausüben. Gleichwohl wird man sich dabei innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler halten. Der Unterschied in den Massen unter den Kontinenten wird nämlich äusserst gering sein, ob man die eine oder die andere Annahme macht. Wird so die Dicke der Erdrinde auf 2% des Erdradius veranschlagt und die mittlere Tiefe der Ozeane auf 3,5 km, so würde dieser Unterschied nur einer Schicht im Meeresniveau von etwa (48 + 20 h)m Dicke bei einer Dichte von 2,5 entsprechen, wenn die Höhe des Kontinents h. 1000 m beträgt. Beide Annahmen können somit als gleich gut angesehen werden.

Wird eine solche Massenverteilung angenommen als gültig für die gesamte Erdrinde, auch für diejenigen Teile, auf welchen sich die Begrenzungen der Kontinente befinden, so kann hieraus gefolgert werden, dass die Schwerkraft, so wie es die Beobachtungen zeigen, etwas zunehmen muss, wenn man auf den Kontinenten sich dem Rande der Küste nähert, wobei hiermit die Stellen verstanden werden sollen, wo der steile Abfall gegen die Tiefe des Ozeans seinen Anfang hat. Dies wird einerseits direkt durch Berechnung der Anziehung von seiten der betreffenden Teile der Erdrinde bewiesen, andererseits durch Betrachtung der Verteilung der Kraftlinien, welche die Erdoberfläche in der Nähe des Küstenrandes treffen. Die Berechnung führt indessen auch noch zu einem anderen, bisher unbekannten Resultate, nämlich dass die Schwerkraft wieder abnehmen muss und zwar verhältnismässig rasch, wenn man dem Küstenrande sehr nahe kommt, und dass diese Abnahme sich noch fortsetzen muss, wenn man von demselben auf den Ozean hinaus sich

entfernt. Etwas ausserhalb des Küstensaumes wird die Schwerkraft aufs neue normal werden und noch weiter draussen etwas unter ihren normalen Wert sinken. Diese Abnahme wird aber doch nur eine Strecke nach aussen sich fortsetzen, um dann in eine langsame Zunahme überzugehen, so dass die Schwerkraft, wie oben gesagt wurde, draussen auf dem Ozean in hinreichendem Abstande vom Küstensaum normal bleibt.

Unter den Pendelbeobachtungen der Expedition ist glücklicherweise eine, die nicht weiter als 60 km von dem Küsterande Sibiriens gemacht wurde. Sie fand am 16. Januar 1894 unter 79^0 $15,2'$ nördlicher Breite und 137^0 $28'$ östlicher Länge Greenwich statt und ist, wie oben erwähnt wurde, die einzige, die einen merklich zu kleinen Beschleunigungswert giebt, nämlich 9,82949 m anstatt 9,83013 m, wie sie die Helmertsche Formel erforderte, mithin um 0,64 mm zu klein. Bei dieser Gelegenheit wurde nur das eine Pendel benutzt, aber die zwei Bestimmungen, die gemacht wurden, stimmen gut überein. Man darf daher annehmen, dass die Beschleunigung hier wirklich unter normal ist, um so mehr, als eventuelle unmerkliche Erschütterungen in den Eismassen, wie früher angegeben wurde, einen zu grossen Beschleunigungswert bewirkt haben würden. Diese Beobachtung stimmt daher voll und ganz mit dem oben angegebenen Resultate. Die nächste Beobachtung wurde 2 Monate später am 16. März 1894 etwa 120 km vom Küstenrande gemacht. Sie giebt einen normalenBeschleunigungswert, nämlich 9,83026 m (berechnet 9,83025 m). Dieser Wert ist wahrscheinlich etwas grösser, als man in diesem Abstande von der Küste erwarten sollte. Indessen kann das nicht als entscheidender Einwand gegen das oben mitgeteilte Resultat benutzt werden, da man, wie schon bemerkt, keinen sichern Schluss aus einer zu gross gefundenen Beschleunigung ziehen kann.

Die vermehrte Anziehung, die man auf den Ozeaninseln bemerkt, kann nach obiger Annahme allein durch die angehäuften Massen bedingt sein, welche die Inseln bilden; selbst wenn diese Massen durch Massendefekte in der Tiefe kompensiert würden, dürfte man doch wegen der geringen Ausdehnung solcher Inseln einen grösseren Zuwachs der Beschleunigung auf diesen als nahe dem Küstensaume auf den Kontinenten beobachten.

Anmerkung. In der Abhandlung ist nicht näher darauf eingegangen, welche Bedeutung es hat, dass das Polarbassin auch als ein grosses Binnenmeer betrachtet werden muss, da es zwischen Grönland und Spitzbergen nach Dr. Nansens Untersuchungen durch einen unterseeischen Höhenrücken abgeschnitten wird. Wegen der verhältnismässig geringen Ausdehnung des Bassins und seiner grossen Tiefe (die gemessenen Tiefen liegen zwischen 3400 und 3800 m) muss die Beschleunigung über dem ganzen Polarmeere infolge der oben entwickelten Anschauungen etwas unter normal sein. Wird das Polarmeer als kreisförmig mit einem Winkelradius von 10^0 und einer mittleren Tiefe von 3500 m angenommen, so ergiebt sich, dass die Beschleunigung in der Mitte des Bassins 0,14 mm unter normal sein müsste und in einem Winkelabstand von 3^0 von der Küste (in welcher Entfernung ungefähr die Beobachtungen bei 84^0 und 86^0 ausgeführt wurden) um 0,24 mm zu klein sind. Da die Helmertsche Formel $g\,85^0 = 9{,}83154$ m ergiebt, so sollte nach dieser der beobachtete Wert etwa 9,83130 m sein, statt, wie gefunden, 9,83147 m; dieser würde mithin etwas (0,17 mm) zu gross sein. Wegen der Unsicherheit, die natürlicherweise den Beobachtungen anklebt und ebenso der erwähnten Korrektur, wollte ich hierauf keine Rücksicht nehmen, um so weniger, als ein Fehler, verursacht durch eventuelle Erschütterung der Eisdecke, zu befürchten ist.

Soeben hat Professor Helmert auf Grund des jetzt vorliegenden, reichhaltigeren Beobachtungsmateriales eine verbesserte Formel für die Beschleunigung abgeleitet [1]) nämlich:

$$\gamma_0 = 9{,}78046(1 + 0{,}005302 \sin^2\varphi - 0{,}000007 \sin^2 2\varphi).$$

Diese giebt $g\,85^0 = 9{,}83192$ m, also ganze 0,45 mm mehr als der beobachtete Wert. Wird, wie oben angegeben, die Lage des Beobachtungsortes zur Küste berücksichtigt, so reduziert sich dieser Unterschied auf 0,2 mm. Dieser Unterschied ist also nicht grösser, als dass er nicht noch innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen könnte, namentlich wenn gleichzeitig berücksichtigt wird, dass doch möglicherweise ein schwaches Mitschwingen der Unterlage des Pendelapparates während der Beobachtungen stattgefunden hat. Ich nehme darum hinfort an, dass auf Grund der Beobachtung der Expedition die Auffassung berechtigt ist, dass die Schwerkraft draussen auf dem Ozean in hinreichendem Abstande von der Küste normal ist.

O. E. Schiötz.

1) F. R. Helmert, Der normale Teil der Schwerkraft im Meeresniveau. Sitzungsberichte der Königl. preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. XIV. 1901.

(Aus dem Norwegischen übersetzt von O. Behrendsen.)

(Eingegangen 6. Mai 1901.)

BESPRECHUNGEN.

Felix B. Ahrens, Anleitung zur chemisch-technischen Analyse, ein Lehr- und Nachschlagebuch für Studierende, Chemiker, Hüttenleute, Techniker u. s. w. gr. 8. VIII u. 446 Seiten mit 87 Abbildungen. Stuttgart, Ferdinand Enke. 1901. Mk. 9.—.

Das vorliegende Buch ist in erster Linie für den Unterricht bestimmt. Der Verfasser hält es für wünschenswert, dass der junge Chemiker, nachdem er sich praktische Kenntnisse in der allgemeinen quantitativen Analyse angeeignet hat, auch den in der Technik angewandten Methoden seine Aufmerksamkeit zuwendet und die wichtigsten derselben im Laboratorium durcharbeitet.

Dabei hat es der Verfasser verstanden, in knapper Form neben dem Altbekannten so viel des Neuen zu bringen, dass das Buch nicht nur dem Studierenden, sondern auch dem bereits in der Technik Stehenden auf das beste empfohlen werden kann. M. Freund.

(Eingegangen 23. März 1901.)

A. Lottermoser, Über anorganische Kolloide. Aus der Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge. Band VI, Heft 5 und 6, S. 161—240. Stuttgart. Verlag von F. Enke.

Der Verfasser, welcher sich durch seine Arbeiten über anorganische Kolloide einen Namen gemacht hat, giebt in dem vorliegenden Buche eine beinahe vollständige und sehr lesenswerte Übersicht über die hierüber ausgeführten Untersuchungen. Man ersieht aus derselben, wieviel sowohl in rein chemischer, als auch in physikalisch-chemischer Beziehung über diesen Gegenstand gearbeitet worden ist, und wie weit unsere Kenntnisse dieses schwierigen Kapitels bereits vorgedrungen sind. Dadurch dass der Verfasser an vielen Stellen darauf hinweist, dass noch manche Lücke auszufüllen und manches Problem zu lösen ist, ehe vollständige Klarheit in diesem Gebiete herrscht, wirkt er anregend und befruchtend. Das Buch kann allen, die sich für diesen Gegenstand interessieren, auf das wärmste empfohlen werden. In Verein mit dem Buche von Bredig (diese Ztschr. **2**, 508, 1901) ersetzt es beinahe vollständig die Lektüre der Originalarbeiten. G. C. Schmidt.

(Eingegangen 30. Mai 1901.)

J. Russner, Elementare Experimentalphysik. Hannover, Gebrüder Jänicke, 1900. Band I mit 146 S. und 164 Abbild.; Band II mit 162 Seiten und 249 Abbild. Preise gebunden 3,60 und 4.— M.

Dieses neue physikalische Lehrbuch ist für höhere Lehranstalten bestimmt. Wir wollen gleich hier bemerken, dass es sich vorzüglich für Oberrealschulen, Gewerbeschulen und ähnliche Anstalten eignen dürfte. Die einstweilen vorliegenden beiden ersten Teile behandeln die Mechanik fester, flüssiger und gasförmiger Körper, sowie die Wellenlehre. Für ein Schulbuch ist das Werk ungewöhnlich reichhaltig und bietet eine Stofffülle, wie sie sonst sich kaum vorfinden dürfte. Die sehr zahlreichen, meist recht guten Abbildungen verhelfen natürlich zu besonderer Anschaulichkeit. Der Umstand freilich, dass der grösste Teil dieser Abbildungen den Katalogen der bekannten Firma M. Kohl entstammt, bedingt eine gewisse Bevorzugung der Weinholdschen Experimentierkunst und der Lehrmittel der genannten Firma. Die Darstellung ist klar und korrekt, die mathematischen Ableitungen gründlich, ohne allzu breit zu werden. Die experimentellen Hinweise sind recht eingehend und zeugen von einem besonderen praktischen Geschick des Verfassers. Überall sind Aufgaben eingestreut und meist durchgeführt; sie tragen wesentlich zum Verständnis des Ganzen bei. Sehr wertvoll erscheinen auch die zahlreichen Hinweise auf die technische Verwendung und auf Hilfsmittel der Industrie. Gern würden wir allerdings auf die Besprechung von physikalischen Spielereien, z. B. des „kartesianischen Tauchers" oder des „Zaubertrichters" verzichten, dagegen eine weit ausgiebigere Behandlung der Energielehre wünschen. In dieser Hinsicht ist man durch die Machsche Darstellungsweise zu sehr verwöhnt, um es noch gut heissen zu können, wenn die Energetik, wie im vorliegenden Buche, nur gelegentlich abgehandelt wird, anstatt als grundlegender Gedanke das Ganze zu durchdringen und zu beleben. Wie man z. B. bei der Behandlung des vertikalen Wurfes darauf verzichten kann, das Gesetz von der Erhaltung der Energie zu erläutern und in den Vordergrund treten zu lassen, ist nicht recht begreiflich. In der Mechanik flüssiger und gasförmiger Körper hat der Verfasser sich überhaupt aller energetischen Betrachtungen enthalten. Die Wellenlehre ist recht gründlich und sorgfältig durchgeführt; der Abschnitt von der „Richtung gebrochener Wellen" dürfte hier freilich nicht am Platze sein und unverständlich bleiben, solange noch nicht in der Optik eine anschauliche Unterlage dafür gegeben worden ist. — Wenn wir von diesen Bedenken absehen, müssen wir in dem Russnerschen Buche einen sehr wertvollen Beitrag zur schulphysikalischen Litteratur begrüssen. O. Behrendsen.

(Eingegangen 7. Juni 1901.)

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 39. 29. Juni 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institut der Königl. Universität Parma. (Direktor: P. Cardani.)

No. 4[1]). P. Cardani: Über die während der verschiedenen Stadien der Kathodenstrahlung vom Funken absorbierte Energie.

Die Versuchsanordnung, die ich bei gegenwärtigen Untersuchungen anwendete, ist die nämliche, wie die bei meiner früheren Arbeit inne gehaltene, in welcher ich die oberste Grenze festzustellen suchte, die man dem Widerstand eines Funkens zuweisen kann, der einen integrierenden Teil des Entladungskreises eines Kondensators bildet[2]). Die äusseren Belegungen von zwei isolierten, cylindrischen Kondensatoren grossen Kalibers werden mit den Polen einer Holtz-Vossschen Maschine verbunden; im Nebenschluss wird der Hauptfunkenmesser mit einer Schlagweite von 2 cm eingeschaltet, die bei allen Versuchen konstant bleibt. Die inneren Belegungen werden durch den Stromkreis miteinander verbunden, in welchen die für die unternommene Untersuchung nötigen Apparate eingeschaltet werden, nämlich 1. der Platindraht eines besonderen Petroleum-Thermometer-Kalorimeters, und 2. die evakuierte Röhre, in der die Entladung vor sich geht.

Der Stromkreis wird durch grosse metallische Konduktoren vervollständigt. Im Nebenschluss wird zwischen besagte innere Belegungen eine lange, dünne Wassersäule eingefügt; so kann die Ladung des Kondensators regelmässig durch den flüssigen Konduktor erfolgen, während die impulsive Entladung fast vollständig den Stromkreis passiert, in welchen die leere Röhre eingeschaltet ist.

Es ist klar, dass bei dieser Anordnung nur ein sehr kleiner Teil der vorhandenen Energie sich in der Gestalt von Wärme in den grossen Konduktoren zeigt, die den Stromkreis vervollständigen; sie muss sich fast ganz teils im Petroleum-Kalorimeter, teils in demjenigen Teile des Stromkreises finden, der durch den Funken geschlossen wird. Wäre also die vorhandene Energie bei allen Versuchen konstant geblieben, so könnte man annehmen, dass die im Funken absorbierte Energie die Ergänzung zu der im Petroleum-Thermometer-Kalorimeter in der Gestalt von Wärme sich äussernden Energie sein müsste.

Die kugelförmige luftleere Röhre von etwa 600 cm^3 Inhalt trägt zwei Elektroden aus Aluminium; eine ist scheiben-, die andere fadenförmig. Die Verdünnung wird durch eine vorzügliche Ölpumpe nach Gerikschem System bewirkt, mit welcher man das den Röntgenstrahlen entsprechende Stadium überschreitet bis zu dem Punkte, wo die Röhre für den Durchgang der Entladung nicht mehr geeignet ist. Die Scheibe ist mit der negativ geladenen Belegung des Kondensators verbunden.

Durch vorhergehende geeignete Messungen versicherte ich mich, dass die im Stromkreis disponible Energie konstant blieb, gleichviel wie gross der Druck des Gases war, in dem der Funken entstand. Schaltete ich die leere Röhre aus dem Stromkreis aus, so dass die gesamte vorhandene Energie sich als Wärme im Thermometer-Kalorimeter zeigen musste, so fand ich unter vielen unternommenen Messungen als Mittel für 10 Funken, nach Beobachtung aller notwendigen Korrektionen, eine Anzahl von N_0 Teilstrichen, um die sich der Meniskus des Petroleums in der Kapillarröhre verschob, und zwar war $N_0 = 25{,}3$.

Die Versuche wurden mit dreierlei Gasen, Luft, Wasserstoff und Kohlensäure ausgeführt, die ich mir ausreichend rein und trocken verschaffte. Vorhergehende Untersuchungen lehrten: 1. dass

1) No. 3: Diese Zeitschrift **2**, 469, 1901.
2) Diese Zeitschrift **1**, 262, 1900.

		Luft		Wasserstoff		Kohlensäure-Anhydrit	
		N	$\frac{N_0-N}{N_0}$	N	$\frac{N_0-N}{N_0}$	N	$\frac{N_0-N}{N_0}$
650 mm	Bandförmiger Funken	12,8	0,49	16,2	0,36	11,0	0,56
320 „	„ „	10,8	0,57	—	—	8,8	0,65
130 „	Grösstenteils büschelförmiger Funken .	2,2	0,91	3,8	0,85	1,8	0,93
76 „	Vollständiges Büschel	3,6	0,83	5,6	0,78	2,9	0,88
38 „	Ausgebreitetes Büschel	6,0	0,76	9,2	0,63	5,9	0,76
6 „	Der Lichtschein über der Kathode beginnt	16,2	0,36	19,4	0,23	14,2	0,44
0,7 „	Der dunkle Raum setzt sich ab . . .	21,3	0,16	21,4	0,15	21,7	0,14
(?)	Der dunkle Raum bis etwa 8 mm . .	22,8	0,10	23,0	0,09	22,5	0,11
(?)	„ „ „ „ „ 20 „ . .	22,3	0,12	22,5	0,11	22,5	0,11
(?)	„ „ „ „ „ 35 „ . .	21,1	0,16	20,8	0,18	21,0	0,17
(?)	„ „ „ „ „ 50 „ . .	19,5	0,23	18,5	0,27	18,3	0,27
(?)	Umfangreiches weissliches Büschel über der Anode	17,5	0,31	17,0	0,33	17,2	0,32
(?)	Wanderndes Büschel am Rande der Anode. — Sehr schwache X-Strahlen	12,3	0,51	11,9	0,53	11,3	0,55
(?)	Kaum sichtbares Büschel. Intensive X-Strahlen	6,8	0,73	7,0	0,72	6,0	0,76
(?)	Jede Spur einer Lichterscheinung ist verschwunden	3,1	0,88	4,0	0,84	3,0	0,88

der Vorgang, unter welchem sich bei fortschreitender Verdünnung das Aussehen des Funkens verändert, bei allen drei Gasarten völlig der gleiche ist; 2. dass bei allen direkt am Manometer gemessenen Druckhöhen die aufeinanderfolgenden Veränderungen im Aussehen des Funkens bei sämtlichen Gasarten bei den nämlichen Druckwerten vor sich gingen. Die Gestalt des Funkens ist also für einen bestimmten mechanischen Zustand des Gases, in dem er erzeugt wird, charakteristisch, und ist unabhängig von der Natur des Gases; ich habe darum bei den verschiedenen Stadien der Kathodenstrahlung den Vergleich zwischen den vom Funken in verschiedenen Gasarten absorbierten Energiemengen gemacht, indem ich mich stets auf gleiches Aussehen des Funkens in der Röhre bezogen habe. Um noch genauer über die Identität der Funkengestalt urteilen zu können, benutzte ich Induktionsströme aus einer mittleren Ruhmkorffschen Spule, da bei der Augenblicklichkeit der Erscheinung ein derartiger Vergleich mit Entladungen des Kondensators überaus schwierig wird. In den ersten Stadien der Kathodenstrahlung war mir die Entfernung, bis zu welcher sich der dunkle Raum von der Kathode aus erstreckt, ein vorzügliches Vergleichsmittel; in den folgenden Stadien dienten mir die Veränderungen der Lichtphänomene über der Anode als solches.

In obenstehender Tabelle sind die Resultate der Versuche eingetragen; die Messungen wurden auch bei höheren Drucken als die der Kathodenstrahlung gemacht, um zu sehen, ob man bei verschiedenen Gasen zu denselben Resultaten gelangt, wie sie für die Luft in der oben citierten Arbeit angegeben sind. In der ersten Reihe sind die direkt am Manometer gemessenen Druckwerte des Gases, soweit es mir möglich war, angegeben; in der zweiten Reihe das Aussehen des Funkens; sodann für jedes Gas in einer Reihe die Werte der Teile N, die am Thermometer beobachtet wurden, während die Röhre in den Stromkreis eingeschaltet war, so dass die vom Funken absorbierte Energie der Wärmemenge entsprach, welche auf dem Thermometer eine Anzahl von N_0-N Teilstrichen gegeben hätte; in der zweiten Reihe finden sich die Werte von $\frac{N_0-N}{N_0}$, das heisst die Werte des Verhältnisses zwischen der von der Röhre absorbierten Energie und der ganzen vorhandenen Energie.

Aus der Tabelle wird vor allem ersichtlich, dass in den verschiedenen Gasarten eine gründliche Veränderung in der vom Funken absorbierten Energie eintritt, sobald derselbe mit fortschreitender Verdünnung aus der Form des leuchtenden Bandes in die Büschelgestalt übergeht; für Luft hatte ich das gleiche Resultat schon in der oben erwähnten Arbeit festgestellt. Die Funkenenergie erreicht ein Maximum nach vollzogener Umwandlung; hierauf nimmt sie sehr schnell ab und gelangt zu einem Minimum, wenn die Kathoden-Erscheinungen in der Röhre anfangen vorzuherrschen. Von diesem Zeitpunkt an steigt die vom Funken absorbierte Energie allmählich, bis sie bei der äussersten Verdünnung fast die gesamte disponible Energie darstellt. Bei Beginn und Entwickelung der X-Strahlen beobachtet man in den Grössen der vom Funken absorbierten Energie also keine Besonderheit; nach einigen Versuchen von Villard [1]) scheint es indessen, dass die vom Funken absorbierte Energie eine

1) Journal de Physique 8, (3), 5, 1899.

äusserst rasche Zunahme in den letzten Stadien der Kathodenstrahlung zeigt, so dass diese Zunahme eben eine Begleiterscheinung zu Beginn der Entwickelung der Röntgenstrahlen wäre.

An zweiter Stelle geht aus der Tabelle hervor, dass bei Druckgrössen, die höher als die der Kathodenstrahlung entsprechenden sind, der Funken eine Energiemenge absorbiert, die je nach der Natur des angewandten Gases verschieden ist; jedoch verändert sich die vom Funken absorbierte Energie in allen drei Gasarten nach demselben Gesetz, derart dass die Maxima und Minima den gleichen Druckgrössen entsprechen. Durch diesen Umstand wird die obige Behauptung bestätigt, nämlich dass das Aussehen des Funkens für einen bestimmten mechanischen Zustand des in der Röhre enthaltenen Gases charakteristisch ist.

Schliesslich ist aus den in der Tabelle eingetragenen Grössen in allen Stadien der Kathodenstrahlung kein Unterschied zwischen den vom Funken in verschiedenen Gasen absorbierten Energiemengen zu entnehmen, wenn man den Vergleich bei gleichem Aussehen des Funkens in der Röhre macht. In allen bisher erreichten Stadien scheint es gewiss, dass die Kathoden-Erscheinungen unabhängig von der Natur des Gases sind, in dem sie auftreten; man gelangt nach den oben angezogenen Versuchen zu der nämlichen Schlussfolgerung, was die vom Funken absorbierte Energie anbetrifft. Ist die Kathodenstrahlung, wie viele glauben, einer besonderen, von der Natur des Gases unabhängigen Ionisierung zuzuschreiben, so führen uns diese Versuche zu dem Schlusse, dass auch die zur Erzeugung der entsprechenden kleinsten Körperchen erforderliche Energie stets dieselbe ist.

Im Verlauf dieser Versuche konnte ich ferner erkennen:

1. dass die Emission der X-Strahlen in einer gegebenen Röhre nicht von der totalen Energiemenge, die der Funken absorbiert, abhängt, sondern von der spezifischen Energie, mit der das Kathodenbüschel die Wand der Röhre trifft. Ist der Aluminiumdraht Kathode, so fand ich, dass die Emission der X-Strahlen schon ausgiebig war, wenn der dunkle Raum sich nur 50 mm von der Scheibe erstreckte, also in einem Stadium der Kathodenstrahlung, das bedeutend vor dem liegt, in welchem die Emission der X-Strahlen beginnt, wenn statt dessen der Draht Anode ist.

Bei Messungen, welche ich machte, um die unter diesen Umständen vom Funken absorbierte Energie zu bestimmen, fand ich eine bedeutend geringere Grösse als die, welche man erhält, wenn die Emission der X-Strahlen dem von der Scheibe ausgehenden Kathodenbüschel zuzuschreiben ist. So werden indirekt die einschlägigen Resultate von Villard[1]) und Wehnelt[2]) bestätigt.

2. Dass bei Entladungen des Kondensators die Röhre sofort ein rapides Besserwerden zeigt, als ob in ihr eine raschere Verdünnung stattfände; so kann man, von einem Stadium der Kathodenstrahlung, das vor der Emission der X-Strahlen liegt, ausgehend, nach einigen hundert auf einanderfolgenden Entladungen des Kondensators die Röhre in ein der kräftigsten Emission der X-Strahlen entsprechendes Stadium versetzt sehen.

Diese Aufbesserung der Röhre ist jedoch nicht anhaltend, was den Verdacht nahe legt, dass dieselbe durch Ursachen elektrostatischer Natur bewirkt wird.

1) l. c.
2) Diese Zeitschrift **2**, 334, 1901.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 17. April 1901.)

Experimental-Untersuchungen über Funkentelegraphie.

Von Skunkichi Kimura.

Obgleich die Funkentelegraphie allenthalben gegenwärtig im Mittelpunkt des Interesses steht, erstrecken sich die betreffenden Arbeiten nur selten auf die grundlegenden Fragen der Methode: Welche Bedeutung hat die Erdleitung, die für die Empfängerstation ja so wesentlich ist, und welcher Teil der induzierten elektrischen Energie ist wirksam zur Erzielung der beabsichtigten Änderungen im Kohärer.

Wie es scheint, nahm man stillschweigend an, die Erde als solche spiele eine grosse Rolle und setzte infolgedessen voraus, dass der vertikale Empfängerdraht an seinem unteren Ende sich auf dem konstanten Potential *o* befinde. Ferner scheint es, dass allein die elektromotorische Kraft der induzierten elektrischen Schwingung bestimmend ist für die Widerstandsänderungen im Kohärer.

Zur Entscheidung in diesen grundlegenden Fragen ist der gewöhnliche, von Marconi benutzte Empfänger gänzlich ungeeignet; denn derselbe enthält einerseits die eigentliche Kohärerröhre, welche für sich schon nicht völlig gleichmässig arbeitet und ausserdem den Klopfer, von dem dasselbe gilt; andererseits müsste man auf dem Telegrammstreifen den ursächlichen Zusammenhang aus den Strichen und Punkten herauslesen. Ich hatte nun schon lange auf diesem Gebiet meinen „Tonempfänger" (sound-

receiver) benutzt, der auch seit dem verflossenen Juni von der Admiralität erprobt und kürzlich für den Dienstgebrauch eingeführt wurde. Derselbe giebt jede Änderung der Versuchsbedingungen durch eine Änderung der Stärke, der Schärfe oder der Dauer des Tones wieder.

Jeder, der einmal über Funkentelegraphie gearbeitet hat, kennt nur zu gut die Thatsache, dass Telegraphieren auf kurze Entfernungen, etwa einige hundert Meter, und Telegraphieren auf grosse Entfernungen, bis zu 30 (englischen) Meilen, zwei völlig verschiedene Dinge sind. Die nachstehend beschriebenen Versuche wurden auf Strecken von mehr als 25 Meilen Länge ausgeführt, eine Entfernung, bei welcher der Austausch von Nachrichten noch sicher erfolgte.

Die Bedeutung der Erdleitung.

I. Versuchsbedingungen: Die „Strecke" war 27 Meilen lang. Auf beiden Stationen bestanden die vertikalen Drähte aus einer Kupferleitung von je 170 Fuss Länge, die „Erdplatten" waren Kupferplatten von 7000 cm², welche in das Meer versenkt waren. Die Verbindung zwischen den vertikalen Drähten und den „Erdplatten" erfolgte durch Drähte, welche in jeder Hinsicht — auch geometrisch — soweit als möglich auf beiden Stationen miteinander übereinstimmten, so dass in diesem sogenannten „Normalzustand" Geber und Empfänger aufeinander abgestimmt waren und eine daraus eventuell resultierende Wirkung im Maximum auftreten musste.

II. Die Versuche: Die Versuche begannen damit, dass die Empfängerstation mittels Funkentelegramm der Sendestation den Auftrag erteilte, ihr 30 Minuten lang das Zeichen · · · — · zu übersenden. Während dieser Zeit wurden auf der Empfängerstation die verschiedenen Erdverbindungen eingeschaltet und die Änderungen beobachtet, welche der Ton des „Ton-Empfängers" erlitt. Es kamen hierbei folgende Erdverbindungen zur Verwendung:

A Kreisscheibe aus Bronze; 1 cm dick; 10 cm Durchmesser.

B Kreisscheibe wie *A*; 13 cm Durchmesser.

C Kupferplatte, 7000 cm², in einem vom Meerwasser durchnässten Untergrund.

D Cylinder aus verzinntem Eisenblech, 150 cm lang; 100 cm Durchmesser.

D' ein genau gleicher Cylinder.

E Kupferdraht, 1500 cm lang; 0,3 cm dick.

Es wurden mit diesen Erdverbindungen folgende Resultate erzielt.

Ordnungsnummer des Versuches	Erdverbindung	Ton im Empfänger
1.	*A*	Kein Ton.
2.	*A* + *B*	Schwacher, aber deutlicher Ton, der rasch abnimmt.
3.	*C* Normalzustand	Ton kräftiger als 2, aber noch immer die Neigung, schwächer zu werden.
4.	*D* auf Gras	Ton kräftiger als 3, hält gut an, aber nicht völlig scharf.
5.	*D* im Seewasser	Ton wie 4, scharf.
6.	*E* auf Gras	Ton deutlich, aber Nebengeräusche.
7.	*E* das Ende im Seewasser	Wie 6.
8.	*C*	Wie 3.
9.	*A* + *B*	Wie 2.
10.	*C*	Wie 3.
11.	*C* + *D* im Seewasser	Ton stark und deutlich; scharf.
12.	*D* im Seewasser	Wie 5.
13.	*D* im Seewasser + *D'* auf Gras	Nicht viel verschieden von 12.
14.	*D* + *D'* im Seewasser	Ton stärker als 12, deutlich und scharf.
15.	*C* u. *D*, *D'* im Seewasser	Ton sehr kräftig und scharf.
16.	*C*	Wie 3.
17.	*C* u. *D*, *D'* im Seewasser	Wie 15.

Diese Versuchsreihe konnte in 20 Minuten erledigt werden; man konnte im voraus schon annehmen, dass in dieser Zeit sich im Empfänger alles konstant erhielt mit Ausnahme der Erdverbindungen. Diese Annahme fand ihre nachträgliche Bestätigung darin, dass bei der Rückkehr zu einer schon benutzten Erdverbindung stets derselbe Ton im Empfänger gehört wurde und andererseits beim Übergang von einer Erdverbindung zur andern der Ton sich plötzlich und ohne Zwischenstufen änderte. Es ist mithin nicht zweifelhaft, dass die Änderungen im Ton einzig und allein bedingt sind durch die Verschiedenheit der Erdverbindungen.

III. Folgerungen. Die Beobachtungen ergeben, dass die induzierten elektrischen Schwingungen, indem sie durch den Kohärer, oder allgemeiner ausgedrückt, durch den Empfänger fliessen, eine Wirkung hervorbringen, die um so stärker ist, je grösser die Oberfläche der Erdplatte ist. Die Aufgabe der Erdverbindung bei der Funkentelegraphie ist, die induzierten elektrischen Schwingungen durch den Empfänger zu leiten, und sie wirkt dabei durch ihre Kapazität.

Aus den Beobachtungen ergiebt sich ferner, dass die Wirkung im Empfänger unabhängig davon ist, ob die „Erdung" gut oder schlecht ist, sie ist die gleiche, ob die betreffende metallische Oberfläche vollkommen oder unvollkommen von der Erde isoliert ist, das Hinzufügen einer grossen metallischen Oberfläche zu der besten „Erdung" hingegen erhöht die Wirkung bedeutend. Der Einfluss der Erde

als solcher ist bei der Telegraphie ohne Draht ein äusserst geringer, wenn er auch nicht ganz unmerklich ist. Man darf wohl annehmen, dass die Knotenfläche der induzierten Schwingungen wenig jenseits der Erdplatte liegt, sowie dass die Platte an ihrer Oberfläche oszillatorische Schwingungen empfängt. Seitdem ich diese Versuche abgeschlossen habe, ist es mir gelungen, auf Entfernungen bis zu 50 Meilen zu telegraphieren, wobei die Erdverbindung aus 3 Ölkannen bestand, welche untereinander verbunden und auf das Gras gesetzt waren. Diese Thatsachen sind nach meiner Meinung unvereinbar mit der Vorstellung, dass das induzierte elektrische Potential allein die ausschliessliche Ursache der Widerstandsabnahme im Empfänger sei und dass an dem anderen Ende desselben sich ein Knoten des Potentiales der induzierten Wellen befinde. Das Problem des gegenseitigen Abstimmens wird, wenn es überhaupt gelöst werden kann, bei der Bestimmung der natürlichen Periode der elektrischen Schwingungen die Kapazität der Erdplatte berücksichtigen müssen.

Elektromotorische Kraft und Stromstärke.

Wenn verschiedene Vertikaldrähte in gleichen Abständen von der Geberstation und voneinander angebracht werden, so empfängt jeder derselben einen bestimmten Betrag von elektrischer Energie und erregt einen Empfänger, der an seinem unteren Ende angebracht ist. Man kann nun statt dessen die Energie der einzelnen Drähte einem und demselben Empfänger zuführen und so die Wirkung in diesem verstärken. Benutzt man hierbei Drähte, deren jeder für sich allein schon den Empfänger zum Ansprechen bringt, so muss der Ton in demselben bedeutend kräftiger werden; wendet man aber kürzere Drähte an, von denen ein einzelner zum Telegraphieren nicht genügt, so lässt sich auf diese Weise durch Vermehrung der Drähte eine ausreichende Wirkung erzielen. Nach dieser Richtung wurden schon seit längerer Zeit mit Hilfe des Ton-Empfängers Versuche angestellt, zuerst auf kürzere Entfernungen und schliesslich auf Strecken von 10, 25 und 30 Meilen.

Es wurden hierbei vertikale Drähte von gleicher Länge an Holzringen voneinander isoliert befestigt und an ihrem unteren Ende miteinander und mit dem Empfänger verbunden. In einem Falle berührte ich zufällig, als ich mit einem Drahte ein Telegramm aufnahm und die Leitung der neun anderen Drähte in der Hand hielt, mit dieser den Empfänger; der Ton wurde sofort stärker und schärfer, hob ich die Berührung auf, so erschien wieder der frühere Ton. In einem andern Falle arbeitete ich mit 5 Drähten, deren jeder für sich allein bei der betreffenden Entfernung keine ausreichende Verbindung herstellte; ein Draht gab einen eben hörbaren Ton, bei 2 Drähten war der Ton immer noch schwach; er wurde mit jedem weiteren eingeschalteten Draht stärker und bei 5 Drähten war eine sichere Verbindung zwischen beiden Stationen hergestellt[1]). Allerdings ist die Wirkung im Empfänger nicht proportional der Anzahl der Drähte; so war die Steigerung des Tones bei der Zuschaltung der ersten fünf Drähte weit grösser als bei der Zuschaltung von weiteren fünf Drähten. Es ist dies bedingt durch den asymptotischen Charakter von seiten des Empfängers.

Es ist selbstverständlich, dass bei diesen Versuchen die auf den Empfänger wirkende induzierte elektromotorische Kraft bei 5 Drähten die gleiche ist, wie bei einem Draht und dass die erhöhte Wirkung nur durch eine Vermehrung der Stromstärke zu stande kommt. Man kann mithin behaupten, dass bei gleichbleibender E. M. K. die Verminderung des Widerstandes im Empfänger wächst, wenn der Strom in diesem stärker wird, oder mit andern Worten: die Wirkung im Empfänger hängt ab von der elektrischen Energie, welche in dem Auffangedraht (oder in dem System dieser) induziert wird.

Andere Versuche ergaben, dass die im Empfänger auftretende Wirkung wächst, wenn die Stromdichte zunimmt. Ich kann ferner behaupten, dass der Potentialabfall im Auffangedraht weder gleichförmig noch sinusartig ist, seinen Bauch an der Spitze und seinen Knoten an dem Erd-Ende hat.

Wenn der Anfangswiderstand des Empfängers grösser genommen wird, wächst auch das Potential an seinem Ende und ebenso auf der ganzen Länge des Auffangedrahtes. Die induzierte E. M. K. hat das Bestreben, zu einem Maximalwert am Ende des Empfängers anzuwachsen; die Grösse dieses Maximums hängt sowohl von der Länge des vertikalen Drahtes als auch von dem Anfangswiderstand des Empfängers ab, während der Widerstand desselben meistens schon abnimmt, ehe die E. M. K. ihr Maximum erreicht hat.

Ferner möchte ich annehmen, dass die induzierten elektrischen Oszillationen durch den Empfänger fliessen, wie gross auch sein Widerstand sein mag. Jede Oszillation hat ihren Anteil an der Gesamtänderung des Empfängers, die einzelnen Beträge addieren sich in ihm, bis er den für die Übermittelung der telegraphi-

1) Dieselbe Erscheinung tritt auch am Marconischen Empfänger auf, nur ist sie dort nicht so augenfällig.

schen Zeichen erforderlichen Zustand erreicht hat. Man kann sich vielleicht ein passendes Bild von diesem Vorgang machen, wenn man sagt, dass die Widerstandsabnahme des Empfängers aus der Summe der Einzelwirkungen elektrischer Oszillationen, welche ihn durchfliessen, resultiert.

Naval Staff College, Tokio.

(Aus dem Englischen übersetzt von Carl Forch.)

(Eingegangen 24. Mai 1901.)

Über Neugschwenders elektrolytische und Schäfers nichtelektrolytische Antikohärer.

(Erwiderung).

Von Erich Marx.

Auf Seite 550 des laufenden Jahrganges dieser Zeitschrift sucht Herr Neugschwender nachzuweisen, dass die, wie ich seiner Zeit besonders hervorhob[1]), sich in peinlichst ausgetrockneter Atmosphäre befindlichen Schäferschen Antikohärer elektrolytisch leitend, und infolgedessen „Neugschwendersche" seien.

Um diesen Beweis zu führen, behauptet Herr Neugschwender, die Atmosphäre, in der sich die Spalte befinden, sei gar nicht ausgetrocknet; unter dieser Annahme wird alsdann für einen Teil der von mir an trockenen Silberspalten beschriebenen Erscheinungen gezeigt, dass diese auch auftreten, wenn der Spalt Feuchtigkeit enthält, was nie bestritten wurde. Andere Antikohärererscheinungen, die von mir beschrieben wurden, für deren Erklärung ganz unmöglich die elektrolytische Brückentheorie herbeigezogen werden kann, die also in die Neugschwendersche Theorie nicht hineinpassen, werden dagegen von Herrn Neugschwender mit Stillschweigen übergangen.

Ich gehe zunächst auf die Behauptung des Herrn Neugschwender ein, die von mir beschriebenen Schäferschen Antikohärer seien gar nicht ausgetrocknet. Herr Neugschwender stützt sich bei dieser Behauptung darauf, dass bei der Beschreibung der Herstellung der Antikohärer gesagt ist, dass in die die Röhre enthaltenden Spalte wiederholt Luft ein- und ausgelassen wird. Er hält meine Angabe, dass durch ein solches Verfahren die Luft in der Röhre getrocknet werde, für unrichtig. Um diesem Bedenken zu begegnen, muss ich um Nachsicht dafür bitten, dass ich hier die Methode, der Luft die Feuchtigkeit zu entziehen, zu beschreiben gezwungen bin.

Das Glasrohr, welches die Antikohärer enthält, wird mit einer Reihe *U*-förmiger Gefässe, die zum Teil Chlorkalcium, zum Teil Phosphorsäureanhydrit enthalten, derart verbunden, dass sowohl die eingesaugte, als die beim Auspumpen das Rohr verlassende Luft, die mit Wattestopfen versehenen *U*-Röhren passieren muss. Durch diesen Kunstgriff wird es auch Herrn Neugschwender gelingen, trockene Luft in der Röhre, die den Antikohärer enthält, zu erhalten.

Herr Neugschwender ist „überzeugt, dass ein solcher Antikohärer, in einen Exsikkator gebracht, versagt". Demgegenüber bemerke ich, dass solche Antikohärer, wenn sie geeignet präpariert sind, im Exsikkator weit sicherer und besser funktionieren als die des Herrn Neugschwender.

Herr Neugschwender erwähnt weiter sein vergebliches Mühen, nach meinen Vorschriften einen Antikohärer herzustellen. Dieses Misslingen ist voraussichtlich dadurch verursacht, dass Herr Neugschwender keinen geeigneten Silberspiegel verwandte.

Die Beschreibung, wie diese Spiegel am besten hergestellt und präpariert werden, habe ich mir seiner Zeit aus naheliegenden Gründen versagen müssen. Wie mir geschrieben wurde, ist manchem Fachgenossen das Experiment deshalb misslungen, ohne dass er freilich wegen dieses Misslingens behauptet hätte, ein trockener Antikohärer sei nicht möglich. Das Gelingen hängt eben sehr von der Beschaffenheit des Spiegels ab. Wer die Arbeiten über Silberspiegel[1]) verfolgt hat, wird sich darüber nicht wundern können.

Alsdann kommt Herr Neugschwender auf die Brückentheorie von mir zu sprechen. Er beginnt so: „Nun aber werden diese Brücken durch elektrische Wellen zerstört, wie Herr Marx selber zugiebt (muss heissen: beobachtet hat). Wie geschieht diese Neubildung dieser so wichtigen Fäden? Durch das Puppenspiel . . . .? Durch Kondensation . . . .? Einmal wird sich dieses Silber nicht mehr metallisch, sondern voraussichtlich oxydiert niederschlagen, und damit keinen Strom mehr leiten, und dann in Flächenform, nicht in Bäumchen oder Fädenform erfolgen. . . . . ."

Auf diese Einwände ist folgendes zu erwidern. Dass ein solches Entstehen und Vergehen von Brücken in einem Silberspalt, der sich im Exsikkator befindet, wirklich erfolgt, ist eine Thatsache, die beobachtbar ist.

Dass sie durch das Puppenspiel erfolge, habe ich umsoweniger behauptet, als ich ausdrücklich hervorhob, dass nur bei grösseren E. M. K., die ich bei der Bestrahlungsanordnung vermied, ein elektrisches Puppenspiel auftritt. Es bleibt also die Kondensation. Hier behauptet zunächst

1) E. Marx, Diese Zeitschrift **2**, 249, 1901.

1) Vgl. z. B. Grimm, Dissertation Leipzig 1901; Drudes Annalen **5**, 448, 1901.

Herr Neugschwender, dass das Silber sich voraussichtlich oxydiert niederschlagen müsse und infolgedessen nicht leiten könne.

Diese Behauptung ist nicht richtig; selbst Silberoxyd reduziert sich beim Erhitzen zu Silber, wie aus jeden Leitfaden der Chemie ersichtlich; auch wäre an ein längere Zeit andauerndes Funktionieren eines Righischen Spaltes gar nicht zu denken, wenn bei dem Funkenspiel im Spalte sich nichtleitendes Oxyd bilden würde.

Das verdampfte resp. zerstäubte Silber schlägt sich also nicht als Oxyd, sondern als metallisches Silber nieder.

Nun behauptet Herr Neugschwender, es könnten bei diesen Niederschlägen keine Silberfäden sich absetzen. Warum er gerade diese Form der Niederschlagsbildung für unmöglich hält, ist zwar unverständlich, aber auch unwesentlich. — Wenn ein Silberfaden zerstäubt und das zerstäubte Silber nicht entweichen kann, da es durch den Celluloiddeckel, der den Spalt überdeckt, zurückgehalten wird, so muss es sich niederschlagen, wo Platz ist, also am Deckel oder zwischen diesem und dem Silberbelag oder auf dem Silberbelag. Unter einer grösseren Anzahl hergestellter Spalte werden sich solche finden, bei denen das Verschwinden der Brücken bei der Bestrahlung und das Neuentstehen bei Aufhören derselben so geschieht, dass annähernd konstanter Strom und Stromrückgang eintritt; dass überhaupt wieder Überbrückungen entstehen, ist der Enge des Spaltes und des ganzen Raumes zwischen Silberbelag und Deckel zu danken.

Hierbei ist zu bemerken, dass unter einer grossen Anzahl von Antikohärern sich immer nur wenige befinden, die sich dauernd annähernd konstant verhalten, dass sich aber unter diesen solche finden, die während täglichen stundenlangen Telegraphierens diese Eigenschaft unverändert zeigten. Freilich liegt es in der Natur der Erscheinung, dass ein solcher fritterartiger Kontakt nur bis zu einer gewissen Funktionssicherheit gebracht werden kann, und dass sich weder eine absolute Sicherheit gegen plötzliches Versagen, noch ein ganz bestimmter Weg angeben lässt, wie es sich vermeiden liesse, dass unter vielen auf gleiche Weise hergestellten Spalten nur wenige brauchbar sind. Jedenfalls aber erscheint es kaum möglich, für einen feuchten Spalt eine auch nur annähernd gleiche Lebensdauer zu erreichen.

Soweit bespricht Herr Neugschwender die von mir beschriebenen Antikohärererscheinungen. Ich komme jetzt auf eine Erscheinung, die er zu besprechen unterlässt, die aber geradezu ein Experimentum crucis gegen seine Auffassung bildet.

Ich zeigte nämlich,[1]) dass eine etwa $^1/_{10}$ mm breite, etwa $1\,^1/_2$ cm lange Silberüberbrückung, die aus einem Spiegel herausgearbeitet wurde, als Antikohärer funktioniert. Dass ein solcher Antikohärer seine Funktion einem elektrolytischen Vorgange verdankt, ist vollständig ausgeschlossen. Trotzdem aber giebt ein solcher Streifen den Rhythmus des Unterbrechers u. s. w. im Telephon vollständig wieder. Vielleicht wäre bei meiner ersten Beschreibung der ausdrückliche Hinweis angebracht gewesen, dass vollständige Schmelzungen in diesem speziellen Falle nicht zu erwarten sind. Bei der verhältnismässig grossen Breite und Dicke der Brücke ist nämlich, wie sich leicht ausrechnen lässt, ein Ansteigen der Jouleschen Wärme bis zum Schmelzpunkt des Silbers nicht möglich, während solche Schmelzungen bei den ausserordentlich feinen Silberteilchen, die meist erst bei der Bestreichung mit Celluloid in den Spalt gelangen, sowohl theoretisch möglich als experimentell beobachtbar sind. Hier versagt nicht die Brücken-, wohl aber die Schmelzungstheorie. Die Antikohärerwirkung, die im Telephon wahrnehmbar ist, ist hier infolge der Erwärmung der Brücke verursacht. Wir haben hier also ein Bolometer, und es ist wohl möglich, dass ein Teil der Antikohärerwirkung nicht vollständigen Schmelzungen, sondern der Bolometerwirkung zuzuschreiben ist.

In der Methode, ausserordentlich feine Bolometer von nur etwa $^1/_{1000}$ mm Dicke herzustellen, die wir Lummer und Kurlbaum verdanken, scheint mir demnach auch der Weg zu liegen, einen als Antikohärer wirkenden Wellendetektor von grösserer Funktionssicherheit herzustellen, als die bisherigen. Dass schon allein durch die Herstellung eines Antikohärers, der nur aus einer Silberüberbrückung besteht, gezeigt ist, dass trockene Antikohärer existieren, wird auch Herr Neugschwender zugeben müssen. Bei hinreichender Verdünnung der Brücke kann natürlich auch ein Schmelzen des Silbers eintreten, so dass also meine Erklärung für das Zustandekommen der Antikohärererscheinung in trockenen Spalten nichts Unmögliches enthält.

Somit scheint mir nach wie vor bewiesen, dass es sich bei dem Schäferschen Antikohärer um eine Erscheinung handelt, die von der bei der Neugschwenderschen wirksamen durchaus verschieden ist.

---

1) l. c. S. 253.

Leipzig, Phys. Institut der Universität.

(Eingegangen 18. Juni 1901.)

Über eine Bemerkung des Herrn O. Lummer zur Strahlung schwarzer Körper.

Von W. Michelson.

In seinem „Rapport sur le rayonnement des corps noirs", welcher dem internationalen physikalischen Kongress in Paris vorgelegt wurde, sagt Herr Lummer[1]), ich hätte bei der Prüfung meiner theoretischen Formeln den „Fehler" begangen, die prismatischen Kurven von Langley statt der normalen anzuwenden. Diese Behauptung kann offenbar so verstanden werden, ich hätte einfach die prismatischen Spektralkurven mit den normalen verwechselt. Dass jedoch eine derartige Zumutung gänzlich unbegründet ist, davon kann sich leicht jeder überzeugen, der meine von Herrn Lummer analysierte Arbeit[2]) in die Hand nimmt.

Sowohl zur Berechnung der Konstanten B und c meiner Formeln, wie zur unmittelbaren Vergleichung der Kurvenform benutzte ich ausdrücklich die Langleyschen Normalkurven. In meiner zweiten russischen Abhandlung[3]) sind sogar meine theoretische und die Langleysche Normalkurve auf einer Zeichnung aufgetragen.

Wenn aber diejenigen vier Spektralkurven, aus welchen ich die Verschiebung des Energiemaximums zu bestimmen versuchte, sich nicht wesentlich von den prismatischen Kurven unterscheiden, so liegt dies daran, das damals (im Jahre 1887) das Dispersionsgesetz des Steinsalzes im Infrarot noch unbekannt war, und nach den eben veröffentlichten Langleyschen Beobachtungen es allgemein angenommen wurde, die Dispersionskurve des Steinsalzes verlaufe im Infrarot fast vollkommen geradlinig.[4]) Die von mir betrachteten vier Kurven fallen fast in ihrer ganzen Ausdehnung in das Gebiet, für welches Langley den geradlinigen Verlauf der Dispersionskurve annahm. Bei dieser Annahme äussert sich aber der Übergang von der prismatischen Kurve zur normalen nur in einer Massstabsänderung. Weder die Form der Kurve noch die Lage des Maximums werden geändert. Ich habe diese Bemerkung in der französischen und englischen Ausgabe meiner Arbeit nicht ausdrücklich ausgesprochen, weil ich sie für selbstverständlich hielt.

Dass heutzutage, nach den bewunderungswürdigen Untersuchungen von Paschen und Rubens, welche im Jahre 1894 die Dispersionskurve des Steinsalzes festlegten, der Übergang zum Normalspektrum anders ausgeführt werden muss, und dass die von mir 1887 veröffentlichten Zahlen und Formeln einer Abänderung bedürfen, ist natürlich einleuchtend. Ich sah mich aber nicht veranlasst, eine derartige Abänderung zu veröffentlichen, weil dieses Untersuchungsgebiet inzwischen eine erfolgreiche weitere Bearbeitung durch die Herren W. Wien, Planck u. a. erfahren hat, und insbesondere weil ein genauerer Vergleich zwischen den Langleyschen und den theoretischen Kurven seit „der Verwirklichung des schwarzen Körpers" fast jegliches Interesse eingebüsst hat.

Jedenfalls aber war die Ungenauigkeit der von mir angeführten Zahlen nicht das Ergebnis eines „Fehlers", wie sich Herr Lummer ausdrückt, sondern eine unvermeidliche Folge unserer damaligen unvollkommenen Kenntnisse.

Moskau, den 16. Mai 1901.

(Eingegangen 4. Juni 1901.)

1) Rapports, **2**, 67; Vergl. auch Paschen, Wied. Ann. **58**, 458, 1896.

2) W. Michelson, Journ. de la Soc. Ph.-Chim. russe **19**, 79, 1887; Journal de Physique (2), **6**, 467—479; Phil. Mag. **25**, 425—435.

3) W. Michelson, Journ. de la Soc. Ph.-Chim. russe, **21**, 97, 1889.

4) Vergl. z. B. Rubens, „Le spectre infra-rouge" in Rapports, **2**, 151.

Die Dispersion Jenaer Gläser im ultravioletten Strahlengebiet.

(Auszug aus der Inaug.-Dissertat. Jena 1901.)

Von H. Trommsdorff.

Im Jahre 1894 hat H. Th. Simon[1]) für eine Reihe von Flüssigkeiten und andere Substanzen die Dispersion ultravioletter Strahlen untersucht. Eine Vermehrung dieses Materials, besonders der optischen Glasschmelzen, erschien wünschenswert. Daher sind in der vorliegenden Arbeit weitere 13 Jenaer Gläser, dazu die Dispersion des amorphen Quarzes im ultravioletten Strahlengebiete untersucht.

Den Messungen sind die Erfahrungen von Simon zu Grunde gelegt. In dankenswerter Weise hatte Herr Simon die zu seiner Arbeit benutzten Quarz-Flussspat-Objektive für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt. Das sichtbare Spektrum wurde nach der Abbeschen Methode des in sich zurückkehrenden Strahles gemessen und zwar die einzelnen Spektrallinien durch Differenzenmessung. Der ultraviolette Teil des Spektrums wurde mit Hilfe des Kollimators nach der Methode der senkrechten Incidenz photographiert. Die Entfernung der Spektrallinien wurde auf der Platte mit dem Komparator ausgemessen und in die entsprechenden Bögen umgerechnet. Die um-

1) H. Th. Simon, Über Dispersion ultravioletter Strahlen. Inaug.-Diss. Berlin 1894. Ein Auszug der Arbeit findet sich in Wied. Ann. **53**, 542. 1894; hierbei möge bemerkt werden, dass in dem Register der Annalen diese Arbeit nicht verzeichnet ist.

gerechneten Bögen entsprechen den direkt gemessenen vollständig. Somit können die photographisch gemessenen Linien an die direkt gemessenen durch Differenzenvergleichung angeschlossen werden.

Wie schon erwähnt, wurde zur Messung des ultravioletten Gebietes die Photographie benutzt. Für gut durchlässige Körper könnte die Fluoreszenzmethode wohl als gleichwertig gelten, nicht aber für Gläser. Dieselben geraten infolge ihrer relativ frühen Absorptionsgrenze selbst so stark in Fluoreszenz, dass das ganze Gesichtsfeld des Fernrohrs hell erleuchtet ist und auch die intensiveren Linien nicht wahrgenommen werden können. Somit ist wegen der Eigenfluoreszenz der Gläser bei ihnen die Verwendung der Fluoreszenzmethode ausgeschlossen.

Die Messungen sind auf einem Abbeschen Spektrometer aus der Werkstätte von C. Zeiss ausgeführt. Dasselbe war eigens in folgender Weise für diese Messungen abgeändert worden. Der Verschlusskopf des Kollimators ist durch einen Spaltkopf ersetzt, der ausser der gewöhnlichen Vorrichtung zur Erweiterung und Verengung eine Verlängerung und Verkürzung symmetrisch zur Mitte des Spaltes gestattet, so dass die Höhe des Spaltbildes beliebig verändert werden kann. Zudem ist eine Vorrichtung angebracht, die ermöglicht, das Kollimatorrohr selbst als Fernrohr zu verwenden. Durch einen Hebelarm lässt sich ein kleiner Spiegel vor den Spalt vorschlagen, der den Spalt genau bis zur Mitte verdeckt und zur Autokollimation dient. Nachdem eine Lupe an den Verschlusskopf geschraubt ist, beobachtet man nach der Methode des in sich zurückkehrenden Strahles und kann so alle Justierungen und Einstellungen mit dem Kollimator selbst vornehmen, was für die Einstellung zur senkrechten Incidenz sehr angenehm ist. Wurde der Kollimator zu seinem eigentlichen Zweck verwendet, so wurde ein Quarz-Kondensor vor den Spalt gestellt, um diesen genügend mit Licht zu füllen.

Die Photographien wurden mit einem Apparat gemacht, der an die Stelle des Fernrohrs in den Träger desselben eingehängt wird. Der Apparat ist ein Fernrohr, bei dem an Stelle des Occularkopfes eine Kassettenführung angebracht ist. Die Kassette läuft in dieser Führung durch Mikrometerbetrieb. An der Kassette längs des Plattenlagers befindet sich eine Millimeter-Teilung und entsprechend an der Kassettenführung in der Höhe der rechteckigen Kameraöffnung eine Marke, so dass die jeweilige Lage der Platte vor der Kameraöffnung genau abzulesen ist. Durch diese Vorrichtung kann man die Zahl der Aufnahmen auf einer Platte beliebig variieren. Das Plattenlager ist für die Plattengrösse $4{,}2 \times 4{,}2$ cm^2 eingerichtet. Über dem Kassettenlager ist eine Fluoreszenz-Scheibe in der Ebene der Platte angebracht, auf der mit Hilfe einer vorschlagbaren Lupe alle Orientierungen im Spektrum vorgenommen werden können.

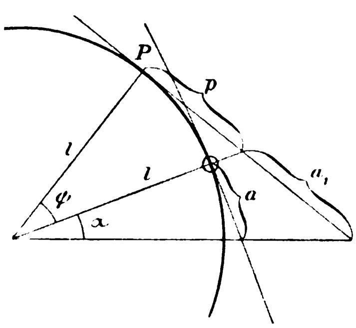
Als Platten wurden die von Schleusner und die Berolina-Kupferdruckplatte 4 von J. Gebhard-Berlin benutzt.

Als Lichtquelle wurde das Funkenspektrum benutzt und als Elektroden, Cadmium, Zink und Aluminium.

Die Umrechnung der auf der Platte mit dem Komparator gemessenen Abstände der Spektrallinien in die entsprechenden Bögen geschieht durch die Beziehung

$$tg\,\alpha = \frac{a}{l},$$

wo l die Brennweite des Objektivs, a die Entfernung der Spektrallinie vom Fusspunkt des Berührungsradius und α der Winkel ist, um den die Spektrallinie gedreht werden muss, um in die Fernrohrachse gebracht zu werden. Die Platte ist also als Tangentialebene im Brennpunkt an eine Kugel mit der Brennweite als Radius anzusehen. Praktisch lässt sich dieser Berührungspunkt, auf den die Umrechnung der gemessenen Entfernung der Spektrallinien bezogen werden muss, nie genau feststellen. Man kann ihn durch eine Nullmarke vor der Mitte der Platte mit einer gewissen Willkürlichkeit angeben. Dabei gelten folgende Beziehungen.



Möge der als Ausgangspunkt gewählte Punkt P gegen den wahren Berührungspunkt O um ψ gedreht sein, so wird die Entfernung a zweier Spektrallinien in a_1 übergehen. Dann besteht zwischen a und a_1 folgende Beziehung:

$$a_1 = a \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha + \psi) \cos \psi}$$

oder

$$a_1 = a \frac{1 + \left(\frac{p}{b}\right)^2}{1 - \frac{a \cdot p}{b^2}},$$

wo $p = l \cdot tg\,\psi$ ist.

Für kleine Verschiebungen des Nullpunktes bleiben die Entfernungen zweier Spektrallinien auf der Platte in erster Annäherung ungeändert. Ferner, da l gegen a und p stets gross ist, wird bei bestimmtem p erst mit wachsendem a der Einfluss des Fehlers Geltung gewinnen. Somit besteht in der Wahl des Nullpunktes bei der Umrechnung der a in die entsprechenden Bögen eine gewisse Freiheit. Dies deckt sich mit den Erfahrungen.

In vier Tabellen sind die Brechungsexponenten der Gläser, des amorphen und krystallinischen Quarzes angegeben. Die Brechungsexponenten stimmen beim krystallinischen Quarz gut mit den Werten von Simon und Sarasin überein. Eine grössere Abweichung von 12 bezüglich 18 Einheiten der fünften Dezimale für $\lambda = 328,36\ \mu\mu$ (Trommsdorff 1,57082; Simon 1,57095; Sarasin 1,57100) erklärt sich dadurch, dass diese von Mascart mit Cd_{12} bezeichnete Linie eine Doppellinie ist. Die Werte vom amorphen Quarz sind bis Al_{32} ($\lambda = 186,22\ \mu\mu$) angegeben; es wird den Werten von ($\lambda = 202,55\ \mu\mu$) Zn_{29} bis Al_{32} nicht gleiches Gewicht erteilt, da diese Linien wegen ihrer Lichtschwäche schwerer auszumessen waren. Es dürfte von Interesse sein, einige der Werte anzugeben:

	λ	u		λ	n
H_α	656,30 $\mu\mu$	1,45640	Cd_{23}	231,30 $\mu\mu$	1,51954
D	589,03 „	1,45843	Cd_{25}	219,47 „	1,52911
Cd_5 [1])	480,01 „	1,46357	Cd_{26}	214,45 „	1,53386
Cd_7	441,59 „	1,46630	Zn_{27}	210,01 „	1,53857
Cd_9	361,19 „	1,47503	Zn_{28}	206,21 „	1,54269
Cd_{11}	340,37 „	1,47877	Al_{30}	198,99 „	1,55204
Cd_{12}	328,36 „	1,48183	Al_{32}	186,22 „	1,57268
Cd_{17}	274,87 „	1,49634			

Um die Werte der Brechungsexponenten in eine übersichtliche für Vergleiche geeignete Form zu bringen, ist in 3 weiteren Tabellen der Versuch gemacht, die von Abbe eingeführte Charakteristik der optischen Gläser auf das ultraviolette Gebiet zu erweitern. Zu diesem Zwecke sind den partiellen Dispersionen C bis D, D bis F, F bis G' weitere passende Intervalle im Ultraviolett zugefügt worden, und zwar neben F bis G, F bis Cd_7 und neben G bis Cd_8, Cd_7 bis Cd_8, sodann Cd_8 bis Cd_9, Cd_9 bis Cd_{11}, Cd_{11} bis Cd_{12}, Cd_{12} bis Cd_{17}, Cd_{17} bis Cd_{24} und Cd_{24} bis Al_{32}. Ebenso sind die dem sichtbaren Spektrum entsprechenden Konstanten gebildet worden.

1) Cd_5, Cd_6 u. s. w. Bezeichnungen nach Mascart.

Eine in anderer Weise übersichtliche und für Vergleiche geeignete Darstellung des Dispersionsverlaufes ist in einer am Schluss befindlichen Tafel beigegeben. In derselben sind die Differenzen der Brechungsexponenten nach beiden Seiten von Cd_5 aus eingetragen, so dass nur der Dispersionsverlauf, nicht aber die Grösse der Brechungsexponenten zum Ausdruck kommt.

Der Dispersionsverlauf entspricht den bekannten Erfahrungen. Gläser mit hohen Brechungsexponenten zeigen im allgemeinen eine hohe Dispersion. Jedoch lässt sich aus den Werten keine allgemeine Beziehung für das Verhältnis der einzelnen Teile des Spektrums zu einander aufstellen.

Brechung und Dispersion des amorphen und krystallinischen Quarzes weichen erheblich voneinander ab. Der Brechungsexponent der amorphen Modifikation ist geringer als der der krystallinischen. Für die D-Linie ist die Differenz nahezu 0,1. Dieser Wert bleibt bis ins Ultraviolett nahezu derselbe.

Bei allen Gläsern ist die Grenze der Absorption bestimmt. Diese Grenze ist qualitativ, d. h. ohne Angabe der Dicke der durchstrahlten Schicht angegeben. Trotzdem bleibt auffallend, dass für alle diese Gläser die Absorption vor 300 $\mu\mu$ einsetzt.

Jena, Physikalisches Institut. Juni 1901.

(Eingegangen 10. Juni 1901.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Kugel- und Flammenblitze als besondere Entladungsformen der atmosphärischen Elektrizität.

Von N. A. Hesehus (St. Petersburg).

Im folgenden möge die Frage nach dem Wesen und Ursprung des Kugelblitzes mit der Frage zusammengestellt werden, unter welchen Bedingungen ein Verbrennen des atmosphärischen Stickstoffes erfolgt. Zu diesem Zwecke sei daran erinnert, was seitens der Beobachter über die Form, Farbe, Dauer und Bewegungen des Kugelblitzes, die dabei auftretenden Explosionen und den gleichzeitig wahrnehmbaren Geruch berichtet wird. Fast alle Beobachter bezeichnen die betreffende Erscheinung als eine feurige Kugel, deren Grösse gleich der scheinbaren Grösse des Vollmondes, eines Kinderkopfes, einer geballten Faust, einer Apfelsine bis zur Eigrösse herab angegeben wird. Von einigen Seiten wird die Form als oval bezeichnet. Nicht selten tritt auch gleichzeitig eine Flamme auf. Der

Kugelblitz begleitet häufig ein scharfer, schwefelartiger Geruch. Unter zahlreichen Beschreibungen habe ich als Maximaldauer der Erscheinung 3 Minuten angegeben gefunden, meist aber nur einige wenige bis zu 10 Sekunden. Es wäre übrigens auch kaum vorstellbar, dass der Verbrennungsprozess des Stickstoffes in der Atmosphäre länger dauern sollte. Die Farbe der feurigen Kugeln ist nach den Beschreibungen der Beobachter äusserst wechselvoll. Hier ist die Rede bald von einer hellen Kugel, einer roten Flamme, verschiedenfarbigen Funken, einem hellen Feuer von teils weisser, teils blauer Färbung, von einem rotgelben Lichte u. s. w. Du Moncel hat bei seinen Versuchen an Funken über einer Wasseroberfläche Sphäroide von rötlicher Farbe erhalten. Die Flamme des brennenden Stickstoffes ist unter gewöhnlichen Verhältnissen zwischen Drahtelektroden im unteren Teile weiss, im oberen gelblich und bisweilen bläulich. Was die beobachteten Bewegungen der feurigen Kugeln anbelangt, so sind dieselben ziemlich langsam, so dass man sie bequem verfolgen kann. Ferner wird erwähnt, dass sie Drehungen, Schwingungen ausführen, von Diele oder Wand „ähnlich einem Gummiball" abprallen, aus den Wolken zur Erde niederfallen, durch den Schornstein hindurch in ein Zimmer gelangen. Alle diese Bewegungen können einfach durch Bewegung der Luft selbst erklärt werden. Übergehend zu den Schallphänomenen sei erwähnt, dass, obgleich die feurigen Kugeln meist während eines Gewitters auftreten, sie doch nicht immer von Explosionen oder Donnerschlägen begleitet werden. Gewöhnlich ist nur ein gewisses Knistern zu hören, bisweilen auch ein pfeifendes Geräusch. Hier scheint also die eine Erscheinung mit der anderen in keinem Zusammenhange zu stehen. Auch sind viele Beispiele dafür vorhanden, dass die Feuerkugeln ohne jegliches Geräusch auftraten und verschwanden. Um den Stickstoff der Luft unter Bedingungen, wie sie in der Natur vorkommen, verbrennen lassen zu können, stellte ich in Gemeinschaft mit Herrn N. Georgiewski eine Reihe von Beobachtungen an. Mit Hilfe eines Transformators konnte eine Spannung des Wechselstromes von 10000 Volt erreicht werden. Eine der Elektroden stand mit einer Wasserfläche in Verbindung, die andere mit einem Drahte oder einer horizontalen Kupferplatte, die von der Wasserfläche 2 bis 4 cm entfernt war. Es wurden hierbei bemerkenswert schöne und wechselvolle Lichterscheinungen erzielt. Von irgend einer Stelle der Kupferplatte ging ein Strahlenbündel aus, umgeben von einer lichten Hülle und Flamme, deren Gestalt bald kegelförmig, bald oval oder kugelförmig war. Ihre Farbe wechselte im Zusammenhange mit der Stromspannung zwischen rötlich und gelblich einerseits, bläulich, violett und weiss andererseits. Die einzelnen Teile der Lichtgarbe erschienen dabei stets verschieden gefärbt. Was bei der Erscheinung am bemerkenswertesten war, das war die grosse Beweglichkeit des feurigen Sphäroides, es rückte nicht nur beim leisesten Hauche von einem Rande der Platte zum anderen hin, sondern blieb auch überhaupt nie an derselben Stelle. Während es sich hin und her bewegte, war ein besonderes knisterndes Geräusch zu vernehmen, nicht selten zerfiel das Sphäroid in mehrere Teile, die sich sodann wieder vereinigten. Bedeckte man die Flamme mit einem Rezipienten, so verbreitete sich ein scharfer Geruch, während sich unter dem Rezipienten sogleich die braunen Dämpfe der salpetrigen Säure anzusammeln begannen. Nach Obigem erstreckt sich die Ähnlichkeit des Kugelblitzes mit der beobachteten Entladungsform, bei welcher eine Flamme brennenden Stickstoffes auftritt, wohl bis in alle Einzelheiten. In Ergänzung zu den im vorhergehenden beschriebenen Versuchen mit einem Funkeninduktor, sowie einem transformierten Dynamowechselstrom, wurde in der Folge eine Reihe von Versuchen mit Hilfe eines Wehneltschen Unterbrechers ausgeführt. Als Elektroden wurden solche aus Metall gewählt, ferner zwei angefeuchtete Schwämme, ein Schwamm und eine Wasserfläche oder endlich zwei Wassersäulen. In allen Fällen war es durch entsprechende Änderungen der Unterbrechungszahl, resp. des Widerstandes im primären Kreise möglich, die Bedingungen sowohl für gewöhnliche linienförmige Funken, als auch für Entladungen in Flammenform oder derjenigen einer Feuerkugel herzustellen. Die letztgenannte Entladungsform trat insbesondere deutlich zwischen einer Spitze und einer Wasserfläche auf, wenn die Entfernung zwischen ihnen eine relativ geringe war. Wurde der Elektrodenabstand allmählich vergrössert, so nahm die Entladung zunächst Flammenform und sodann die Gestalt linienförmiger Funken an. Bei noch weitergehender Vergrösserung des Elektrodenabstandes trat bereits stille Entladung auf, doch setzten die Funken wieder ein, sobald ein erwärmter Luftstrom zwischen den Elektroden hervorgerufen wurde. Liess man von den Elektroden aus zwei vertikale Säulen einer schwachen Salzwasserlösung aufsteigen, so traten zwischen denselben sowohl Funken, als auch die Stickstoffflamme auf; letztere stieg bis auf den höchsten Punkt der Strahlen und senkte sich bisweilen zugleich mit denselben ein wenig. Wurde nur eine der Säulen mit dem Strome verbunden, so leuchtete dieselbe auf der Strecke, auf welcher sie in einzelne Tropfen zerfiel, in hellem Lichte und hatte das Aussehen eines leuchtenden Rosenkranzes. Bei diesem Versuche hat man es mit einer dem sogenannten Rosen-

kranzblitz ähnlichen Erscheinung zu thun. Während indess der Rosenkranzblitz durch Entladungen zwischen einander zunächst liegenden, leitenden Massen von kondensiertem Wasserdampfe zustande kommt, trat hier die Erscheinung durch Entladungen zwischen den einzelnen Tropfen des Wasserstrahles auf.

Es wurde auch der Versuch gemacht, zwischen zwei Wasserdampfstrahlen Funken überspringen zu lassen, doch ohne Erfolg, da der Widerstand zu gross war. Dieser Versuch führte jedoch zu einem anderen interessanten Resultate: Form und Aussehen der Dampfstrahlen änderten sich bei der Elektrisierung in augenfälliger Weise. Der Dampf wurde dichter, nahm eine dunklere braunbläuliche Färbung an und ballte sich zu Flocken zusammen, dabei schien er sich in wirbelnder Bewegung zu befinden und erinnerte in seinem Aussehen an das einer Gewitterwolke.

Elektrische Entladungen in Form feuriger Sphäroide sind experimentell nachgewiesen und studiert worden von einer ganzen Reihe von Gelehrten (Du Moncel, Planté, Righi, Piltschikow, Leduc, Indrikson u. a.) Im vorliegenden Aufsatze sei auf die Bedingungen verwiesen, unter denen sich die verschiedenen hierher gehörigen Entladungsformen darstellen. Welcher Art auch die Elektroden sind, bei allmählichem Entfernen derselben voneinander tritt zuerst ein feuriges Sphäroid auf; darauf reckt sich dies Sphäroid in die Länge, nimmt die Gestalt eines feurigen Drachens an, der sich nach verschiedenen Seiten ausbiegt und von einer Flamme umgeben ist. Wird die Entladungsstrecke noch mehr vergrössert, so verschwindet die Flamme, es treten Funken auf, darauf die stille Entladung u. s. w. Die umgekehrte Reihenfolge beobachtet man bei Annäherung der Elektroden. Natürlich kann man bei der gleichen Elektrodendistanz auch verschiedene Entladungsformen erhalten, je nachdem man die elektromotorische Kraft der Kette, den Widerstand des Stromkreises und die Unterbrechungszahl ändert, die Reihenfolge der Übergänge bleibt aber dieselbe. — Somit kann man die flammenförmige Entladung als Übergangsstufe zwischen den sphärischen und linienförmigen ansehen; nebenbei bemerkenswert sei, dass die flammenförmige Entladungsform auf einer photographischen Platte keine Spuren hinterlässt.

Denken wir uns, wir hätten unter gegebenen Umständen eine kugel- oder flammenförmige Entladung erhalten. Aus dem Vorhergehenden ist ersichtlich, dass bei Annäherung der Elektroden bis zur Berührung diese Entladung alsdann geräuschlos und spurlos verschwindet. Entfernen sich dagegen die Elektroden allmählich voneinander, so verschwindet die kugel- oder flammenförmige Entladung mit einem Knall oder Detonation, da sie sich in einen gewöhnlichen elektrischen Funken verwandelt hat. Aus den Beschreibungen der in der Natur vorkommenden Erscheinungen wissen wir, dass der Kugelblitz in der That bisweilen ebenso plötzlich und unbemerkt verschwindet, als er aufgetreten ist, bisweilen jedoch mit einem Donnerschlage endet.

Wird die Elektrodendistanz allmählich so weit gesteigert, dass keine Funken mehr überspringen können, so kann man dieselben durch einen Strom von (etwa mit einem Bunsenbrenner) erwärmter Luft von neuem hervorrufen. Die Erwärmung begünstigt die Ionenbildung und erhöht die Leitfähigkeit der Luft. Infolgedessen erhöht sich in kälteren Luftschichten der elektrische Gradient und erfolgt Entladung. Offenbar können Strömungen und Schichten wärmerer Luft in der Atmosphäre eben solche Wirkungen hervorrufen. Als passendes Beispiel hierzu können die überaus interessanten Beobachtungen dienen, welche am 21. September 1899 von den Herren Kusnezow und Sawinow in Pawlowsk mit Papierdrachen angestellt worden sind. Der Thermograph zeigte hierbei an, dass der Drachen während des Aufstieges zunächst bei heiterem Himmel durch wärmere Luftschichten hindurch gelangte, bald darauf aber bildeten sich Wolken, es traten Donnerschläge auf und strömender Regen ging nieder. Beim Abstieg des Drachens zeigte der Thermograph bereits eine regelmässige allmähliche Temperaturänderung. Die Schichten mit erwärmter Luft vergrössern indess, wie wir gesehen haben, den elektrischen Gradienten in den angrenzenden kälteren Luftschichten und begünstigen das Zustandekommen einer elektrischen Entladung, des Blitzes, während die Zunahme der Potentialdifferenz oder die vermehrte Elektrisierung ihrerseits eine stärkere Verdichtung des Dampfes und Bildung von Gewitterwolken hervorruft.

(Zusammengestellt nach Veröffentlichungen in den Nachrichten des St. Petersburger Technologischen Instituts pro 1898, 99 und 1901.)

(Eingegangen 30. Mai 1901.)

REFERATE.

Instrumentenkunde.

Besorgt von Privatdozent Dr **W. Kaufmann.**

Laboratoriums-Apparat zur Herstellung flüssiger Luft nach dem Lindeschen Verfahren.

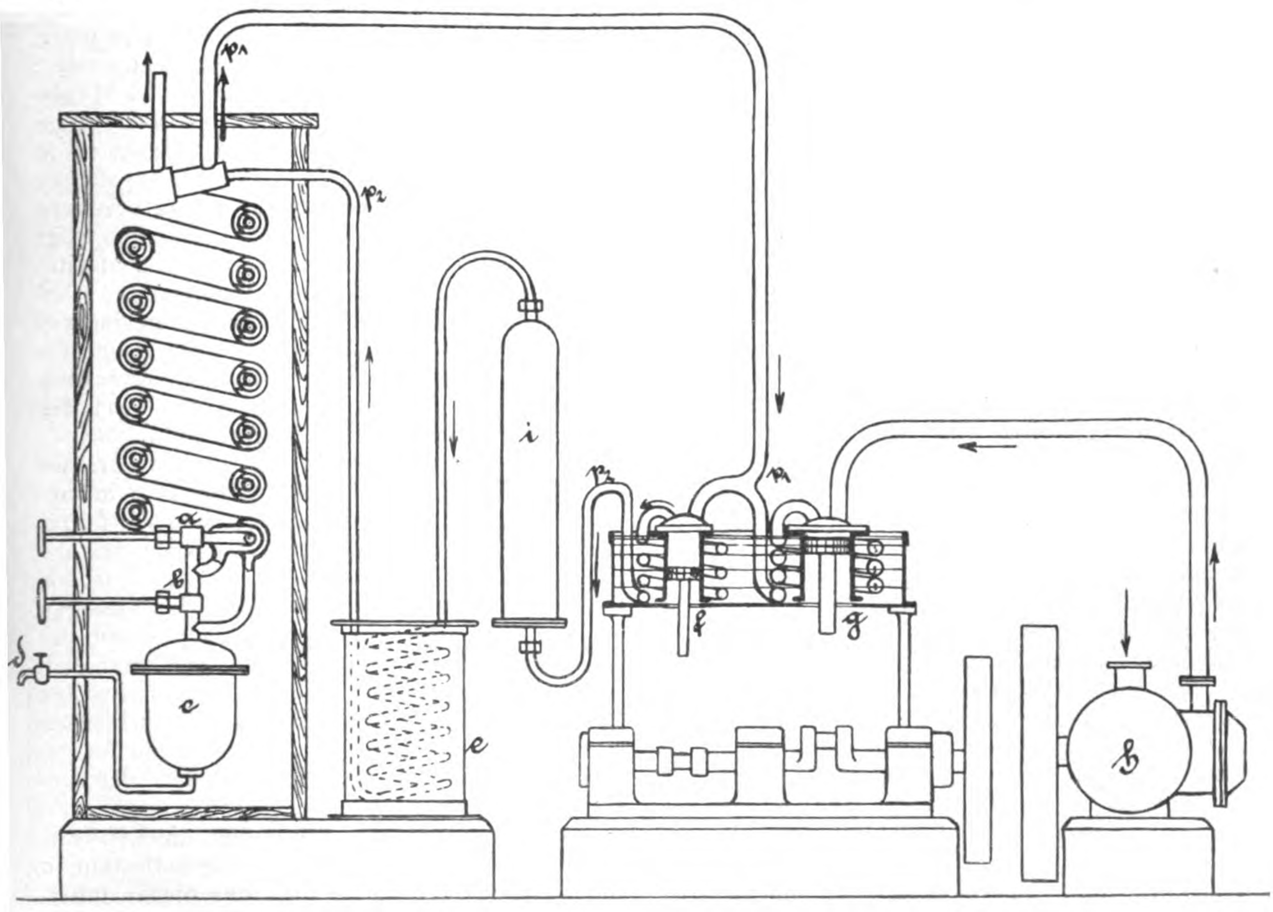
Die Wirkung des Lindeschen Apparates zur Verflüssigung von Luft und anderen Gasen (D. R.-P. 88844) beruht bekanntlich auf der Abkühlung, welche ein Gas beim Ausströmen von einem höheren auf einen niederen Druck infolge Leistung innerer Arbeit erleidet. Da diese Abkühlung für Luft bei gewöhnlicher Temperatur nur ca. $\frac{1}{4}{}^{0}$ C. pro Atm. Druckdifferenz beträgt, so ist dieselbe selbst bei grossen Druckdifferenzen viel zu klein, um eine Verflüssigung der Luft herbeizuführen, die bei atmosphärischem Druck erst bei -191^{0} C., dem Siedepunkte der flüssigen Luft, stattfindet.

Dem Lindeschen Apparate liegt daher das Gegenstrom-Prinzip zu Grunde, indem die Wirkungen beliebig vieler Expansionen derart vereinigt werden, dass jede vorhergehende Ausströmung zur Vorkühlung der Luft vor der nachfolgenden dient.

Den Hauptbestandteil des Apparates bildet zu diesem Zweck eine Doppelspirale aus zwei ineinander befindlichen Röhren. Die komprimierte Luft durchfliesst das innere Rohr der senkrecht aufgestellten Doppelspirale von oben nach unten, strömt am unteren Ende durch ein Ventil auf niedrigeren Druck aus und kehrt dann in dem weiteren Rohr nach oben zurück, wobei sie die durch das innere Rohr fliessende komprimierte Luft vorkühlt.

Die Temperaturen vor und nach der Ausströmung sinken somit mehr und mehr, bis sich ein Teil der ausströmenden Luft verflüssigt. Da die Kälteleistung des Apparates von der Differenz der Drucke, die Kompressionsarbeit dagegen von dem Verhältnis derselben abhängt, so ist es vorteilhaft, keine Expansion bis auf Atmosphärendruck eintreten zu lassen. Bei der Lindeschen Maschine beträgt die Kompression 200 Atm. und erfolgt eine Expansion bis auf ca. 20—50 Atm. je nach der Grösse der Maschine.

Nur das zum Nachfüllen erforderliche kleine Luftquantum wird aus der Atmosphäre entnommen.



Vorstehende Figur zeigt schematisch die Lindesche Maschine und den zweizylindrigen Luftkompressor. Letzterer wird bei der kleinsten Type mittelst eines 3 HP. Elektromotors angetrieben.

Der Gegenstrom-Apparat besteht aus drei ineinander gesteckten, spiralig gewundenen Kupferröhren.

Die im inneren Rohre befindliche Luft von 200 Atm. expandiert durch das Ventil *a* auf 50 Atm. und wird von dem Hochdruckcylinder des mit Wassereinspritzung arbeitenden Hochdruckkompressors wieder auf einem Druck von 200 Atm. gebracht, um den Kreislauf von neuem zu beginnen. Bei den grösseren Anlagen (30—190 P. S.) ist ausser dem zweistufigen Hochdruckkompressor *f*, *g* noch ein trocken arbeitender Niederdruckkompressor *h* vorhanden, der die aus der Atmosphäre kontinuierlich in den Kreislauf nachzuliefernde Luftmenge ansaugt und auf 4 Atm. vorkomprimiert an den Niederdruckcylinder *g* des Hochdruckkompressors weiter giebt. Letzterer komprimiert auf 50 Atm., und mit diesem Druck wird die Luft gemeinsam mit der vom Gegenstromapparat kommenden, vom Hochdruckcylinder *f* angesaugt.

Bei den kleineren Anlagen kommt der Niederdruckkompressor *h* in Wegfall, indem hier der untere Druck auf 20 Atm. gehalten wird und der Niederdruckcylinder *g* dann das nachzuliefernde Luftquantum direkt aus der Atmosphäre ansaugt.

Damit der Druck konstant bleibt, muss die gleiche Luftmenge, welche von aussen aus der Atmosphäre in den Kreislauf eingeführt wird, an einer anderen Stelle den Apparat verlassen. Dies geschieht am unteren Ende des Gegenstromapparates nach der Expansion auf 20 resp. 50 Atm., indem dort durch ein Ventil *b* ein regulierbares Luftquantum auf 1 Atm. ausströmt. Ein Teil der letzteren wird hierbei nach etwa $1\frac{1}{2}$ stündigem Arbeiten des Apparates flüssig und sammelt sich in der doppelwandigen Glasflasche *c*. Der bei der zweiten Expansion unverflüssigte Teil strömt durch die äusserste Spirale in die Atmosphäre aus. Die Isolierung des Gegenstromapparates gegen Wärmeaufnahme geschieht durch rohe Schafwolle, welche in den die Spirale umgebenden Holzmantel fest eingepresst wird. Die komprimierte Luft wird vor dem Eintritt in den Gegenstromapparat vorgekühlt. Diesem Zweck dient der Vorkühler *e*, in dem die komprimierte Luft mittelst Kältemischung auf ca. 15^0 C. abgekühlt wird.

Um eine Verstopfung der Spiralen durch Eisbildung des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes zu vermeiden, ist der Trockenapparat *i* angeordnet.

Ausser dem Apparat für 3 HP. werden solche bis zu 190 HP. von der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen, München, gebaut, deren Leistung im Beharrungszustande $^3/_4$ bis zu 100 l flüssiger Luft pro Stunde beträgt.

Die Temperaturmessungen werden mittelst Eisen-Konstantan-Thermoelementen und Galvanometern mit direkter Temperaturablesung von Keiser und Schmidt in Berlin, in einfacher und bequemer Weise ausgeführt. E. Ruhmer.

(Eingegangen 18. März 1901.)

Physikalische Chemie.

Besorgt von Prof. Dr. G. C. Schmidt.

Fürst Galitzin und J. Wilip, Untersuchungen über das Brechungsverhältnis des Äthyläthers in der Nähe des kritischen Punktes. (Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg (5), **11**, 117—196, 1901.)

Die kritische Temperatur einer Flüssigkeit wird bekanntlich als diejenige Temperatur definiert, bei welcher die Dichte der Flüssigkeit der Dichte ihres gesättigten Dampfes gleich wird. Darauf beruht die am häufigsten zur Anwendung kommende optische Methode zur Bestimmung der kritischen Temperatur, welche darin besteht, dass man diejenige Temperatur notiert, bei welcher bei sehr langsamer Erwärmung die Trennungsfläche zwischen Flüssigkeit und Dampf des Meniskus verschwindet, resp. bei langsamer Abkühlung wieder erscheint. Das eintretende Unsichtbarwerden des Meniskus deutet auf eine Gleichheit des Brechungsvermögens des Dampfes und der Flüssigkeit in der unmittelbaren Nähe der Trennungsfläche hin, woraus auf eine Gleichheit der entsprechenden Dichten geschlossen wird. Wegen der Wichtigkeit dieser Frage für die ganze Lehre über den kritischen Zustand erschien es den Verfassern wünschenswert, die Brechungsindices der Flüssigkeit und ihres gesättigten Dampfes direkt zu messen, sowie auch die Änderung derselben mit der Temperatur in der Nähe des kritischen Punktes näher zu verfolgen.

Als Versuchsflüssigkeit diente absolut reiner Äthyläther, welcher gegen Erhitzung sehr beständig ist. Da von den Verfassern schon früher der Gang der Isothermen in der Nähe des kritischen Punktes sehr eingehend studiert, sowie auch die Änderungen der Dichte des flüssigen Äthers und ihres gesättigten Dampfes mit der Temperatur und auch der Einfluss kleiner Beimengungen fremder Körper auf die Isothermen untersucht worden sind, so sind die kritischen Elemente dieser Flüssigkeit sehr genau festgestellt und konnten direkt mit den neu gewonnenen Grössen verglichen werden.

Benutzt wurden zwei Methoden, die Linsen- und Prismenmethode. Die erste besteht in ihren Hauptzügen darin, dass das die zu unter-

suchende Flüssigkeit enthaltende Rohr selbst als Cylinderlinse benutzt wird und die Entfernung zweier paralleler, hinter der Linse sich befindender Linien nach Brechung der Lichtstrahlen in der Flüssigkeit, resp. Dampf gemessen wird. Aus der auf diese Weise ermittelten Vergrösserung beider optischer Systeme (Flüssigkeit und Dampf) lässt sich der Brechungsindex des zu untersuchenden Körpers in beiden Phasen leicht bestimmen. Die Anordnung war im wesentlichen die folgende: Ein ungefähr 10 cm langes, gut geschliffenes Rohr (von Geissler in Bonn) war an einem Ende in eine Spitze ausgezogen, um das Rohr nach Füllung mit Äther zuschmelzen zu können; mit dem anderen Ende war dasselbe an ein gewöhnliches langes Glasrohr angeschmolzen, welches mit dem Kompressionsapparat in Verbindung stand. Das ganze Röhrensystem wurde erhitzt, wobei ein neu konstruierter Thermostat, der mit einem elektromagnetischen Rührer versehen war, vorzügliche Dienste leistete. Die Versuche ergaben, dass man sich auch eines gewöhnlichen ungeschliffenen Rohres bedienen und trotzdem die kritische Temperatur bis auf $0,1^0$—$0,2^0$ C. genau ermitteln kann.

Das Prinzip der Prismenmethode besteht darin, dass ein kleines sehr spitzwinkliges Prisma im Innern des Versuchsrohres mit der zu untersuchenden Flüssigkeit mit einer Fläche parallel der Rohrwand aufgestellt und die Ablenkung eines schmalen, horizontalen Lichtbündels nach Durchgang desselben durch die Flüssigkeit, bez. durch den Dampf gemessen wird. Aus den gemessenen Ablenkungen lassen sich die entsprechenden Brechungsindices leicht ermitteln. Die Ablenkung zeigt die Figur (n_1, n_2, n_3 absoluter Brechungsindex der Luft, des Prismas bez. des Glases des Versuchsrohres, δ die gemessene Ablenkung).

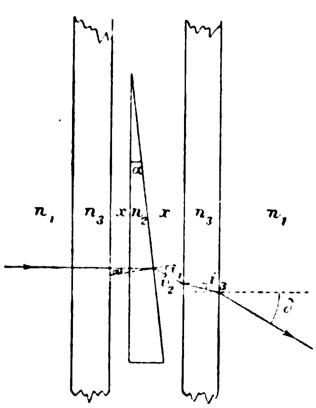


Fig. 1.

Die Kante des Prismas ist parallel der Rohrachse aufgestellt und lässt noch Raum übrig für den elektromagnetischen Rührer. Fällt nun ein schmales, horizontales Strahlenbündel, etwa von einem horizontal gestellten Kollimatorspalt, senkrecht auf das Rohr, so werden diejenigen Strahlen, welche das Prisma passieren, abgelenkt, während die übrigen geradlinig hindurchgehen. Die Strahlenablenkung δ hängt, wie unmittelbar aus der Figur hervorgeht, von dem Brechungsindex x der eingeführten Flüssigkeit ab. Hat man δ bestimmt, so kann man umgekehrt daraus x sowohl für die Flüssigkeit als auch für den gesättigten Dampf leicht berechnen.

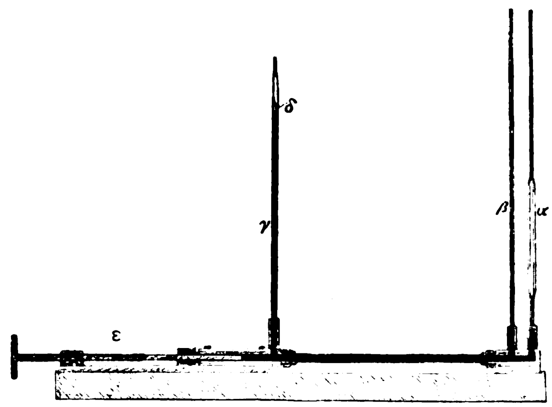


Fig. 2.

Die ganze Anordnung zeigt Fig. 2; hier ist ε der Druckkolben, γ das Versuchsrohr mit einem kleinen Rührer δ, α und β starkwandige Glasrohre die als Manometer dienten. Das Versuchsrohr γ war mit Quecksilber und Äthyläther darüber gefüllt und von einen Hitzbade umgeben. Das Volum wurde mit einem Kathetometer abgelesen.

Die Übereinstimmung der mit Hilfe der Linsen- und Prismenmethoden sich ergebenden kritischen Temperaturen mit der aus dem Gang der Isothermen ist eine ausserordentlich befriedigende. Genaue Werte der kritischen Temperatur lassen sich jedoch nur gewinnen, wenn alle Schichten genau dieselbe Temperatur besitzen. Zu dem Zwecke ist es unbedingt nötig, über einen guten Thermostaten zu verfügen und während der Beobachtungen selber die verschiedenen Substanzschichten energisch durchzumischen. Versäumt man dies, so kann man aus der Thatsache des Verschwindens des Meniskus noch keineswegs auf die Gleichheit der Dichten in den verschiedenen Teilen des Versuchsrohres schliessen. Diese Bemerkung ist von Bedeutung für die Bestimmung der kritischen Elemente nach der gewöhnlichen optischen Methode (Kriterium des kritischen Zustandes — Verschwinden bez. Wiedererscheinen des Meniskus).

Werden die Schichten ordentlich durchge-

rührt, so kann man annehmen, dass der Brechungsexponent für dieselbe Phase in allen Schichten derselbe bleibt und unabhängig vom gesamten, von der Substanz eingenommenen Volum v ist, wenn die Substanz unter dem Drucke der gesättigten Dämpfe steht. Der Brechungsexponent erweist sich nur als eine Funktion des gesamten Volums v und ist vollständig unabhängig von der Temperatur, solange das Rohr mit einer homogenen Substanz gefüllt ist.

Die Lorentzsche Formel

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} v = \text{konst.}$$

stellt die Beziehung zwischen dem Brechungsexponenten und Volumen sehr gut dar und zwar in sehr weitem Temperaturbereich und zugleich für den flüssigen und gasförmigen Aggregatzustand. Werden die Substanzschichten nicht durchgerührt, so kann man annehmen, dass wenige Grade unterhalb der kritischen Temperatur der Brechungsexponent für dieselbe Phase in den verschiedenen Schichten denselben Wert hat. Aber in der nächsten Nähe der kritischen Temperatur und oberhalb derselben werden die Werte des Brechungsexponenten in den unteren Schichten grösser, als in den oberen. Die Differenzen können zuweilen recht beträchtlich sein. Der mittlere Wert dieser Brechungsexponenten bei einer Temperatur, die höher als die kritische liegt, stimmt im allgemeinen sehr gut überein mit demjenigen Werte des Brechungsexponenten, welcher dem gesamten vom Stoff eingenommenen Volum entspricht. Es ergiebt sich also hieraus, dass auch oberhalb der kritischen Temperatur die Substanz unter Umständen verschiedene Dichten besitzen kann, und zwar bei derselben Temperatur und demselben Drucke. Die grössten Dichteänderungen finden in der Nähe der kritischen Temperatur statt (35 Prozent); etwa 3 Grad oberhalb derselben finden noch Änderungen von 23 Prozent statt und 5^0 oberhalb T_k kommen auch Änderungen von 14 Prozent in der Dichte vor. Dieses Wachsen der Substanzdichte nach unten zu lässt sich nicht auf eine etwaige Ungleichheit der Temperatur, sowie auf die Wirkung der Schwere einzig und allein, noch auf das Vorhandensein von Luft zurückführen, wie die Verfasser durch eingehende Rechnungen nachweisen. Die beobachteten Differenzen in den Werten des Brechungsindex rühren vielmehr von einer Verzögerung in der Herstellung des kritischen Zustandes her. Es scheint, als ob bei Temperaturen, welche mehrere Grade oberhalb des kritischen Zustandes liegen, die flüssige Phase noch fortbestehen kann, wenn man nicht dafür sorgt, dass die verschiedenen Schichten ordentlich durcheinander gemischt werden, eine Erscheinung, welche der einer Verdampfungsverzögerung ganz analog ist. Die sprungweise Änderung der Dichte an derjenigen Stelle, wo der Meniskus beim Durchgang durch den kritischen Punkt verschwand, scheint die Richtigkeit dieser Annahme zu bestätigen. Bei Dichtigkeitsbestimmungen in der Nähe des kritischen Punktes, welche bekanntlich mit grossen Schwierigkeiten verknüpft sind, muss auf diese erwähnte Erscheinung unbedingt Rücksicht genommen werden.

Aus der Arbeit ergiebt sich somit, dass es bei allen Versuchen über den kritischen Zustand auf ein Durchrühren der Substanz ausserordentlich ankommt.

Zum Schlusse seien noch die kritischen Konstanten, wie sie nach der Prismen- und Linsenmethode beobachtet und aus den Isothermen berechnet worden sind, mitgeteilt. Da die Zahlen untereinander nur um geringe Grössen, z. B. in der Temperatur höchstens um 0.2^0 C., abweichen, so sind Mittelzahlen angegeben.

Kritisches Volum $v_k = 3{,}84$ ccm.
Kritischer Druck $p_k = 36{,}28$ Atm.
Kritische Temperatur $t_k = 193{,}6^0$ C.
Brechungsindex für $\lambda = 0{,}00067$ mm
$x_k = 1{,}12$.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 30. April 1901.

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Hann, Julius, Lehrbuch der Meteorologie. Mit mehreren Tafeln in Lichtdruck, verschiedenen Karten, sowie zahlreichen Abbildungen im Text. gr. 8. Lieferung 4 S. 241—320. Lieferung 5 S. 321—400. Lieferung 6 S. 401—480. (Vollständig in circa 8 Lieferungen.) 1901. Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz. à M. 3.—.

Korn, Arthur, Eine mechanische Theorie der Reibung in kontinuierlichen Massensystemen. Mit 5 in den Text gedruckten Figuren. gr. 8. XII u. 220 S. 1901. Berlin Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung. Geheftet M. 6.—. Gebunden M. 7.—.

Schmidt, Hans, Anleitung zur Projektion photographischer Aufnahmen und lebender Bilder. (Kinematographie) (Photographische Bibliothek No. 13.) Mit 56 Figuren im Text. 8. VIII u. 122 S. 1901. Berlin, Gustav Schmidt. M. 2.50.

Zacharias, Johannes, Die Akkumulatoren zur Aufspeicherung des elektrischen Stromes, deren Anfertigung, Verwendung und Betrieb. Zweite, vollständig umgearbeitete und beträchtlich vermehrte Auflage. Mit 294 Illustrationen. gr. 8. XII u. 724 S. 1901. Jena, Hermann Costenoble. M. 22.—.

Personalien.

Professor Des Coudres in Göttingen erhielt einen Ruf für die neuerrichtete ausserordentliche Professur für theoretische Physik an der Universität Würzburg und wird ihm Folge leisten.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 40. 6. Juli 1901. 2. Jahrgang.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Hall-Effekt, Widerstand und Widerstandszunahme in Wismutkrystallen.[1])

Von E. van Everdingen jr.

Untersuchungen, im Jahre 1897 [2]) an verschiedenen Proben mehr oder weniger regelmässig krystallisiertem Wismut angestellt, hatten einen grossen Einfluss der Position der krystallographischen Hauptachse für die im Titel genannten Erscheinungen sicher nachgewiesen. Durch die Liebenswürdigkeit des Herrn F. Louis Perrot in Genf hatte ich Gelegenheit, diese Untersuchungen zu wiederholen und zu erweitern mit Hilfe eines Wismutkrystalles, der auch Herrn Perrot für seine interessanten Beobachtungen der Thermoelektrizität[3]) gedient hatte.

Aus diesem Krystalle wurden 7 Säulchen herausgeschnitten, eins parallel der Hauptachse, die andern teils senkrecht dazu, teils unter 60° zur Hauptachse geneigt.

Wismut krystallisiert bekanntlich im hexagonalen System; die Erwartung, dass folglich alle zur Hauptachse senkrechten Richtungen äquivalent sein würden, hat sich durchaus bestätigt; einige geringe Abweichungen werden genügend erklärt durch kleine Mängel an Homogenität, wie in den Originalarbeiten [4]) ausführlich erörtert ist.

Die Beobachtung des Hall-Effektes geschah nach einem zuerst von Lebret benutzten Kompensationsverfahren [5]), welches gestattet, diese Erscheinung gänzlich frei von Störungen zu messen.

Folgende Tabelle enthält die wichtigsten Resultate. Das Säulchen No. 1 war parallel, No. 5 senkrecht zur Achse geschnitten. Die Zeichen ⊥ und ‖ deuten auf senkrechte resp. parallele Lage der Hauptachse in Bezug auf die Magnetkraftlinien.

Hall-Konstante R.

No.	Magnetfeld 4600 ⊥	4600 ‖	2600 ⊥	2600 ‖
1	—8,0	—	—10,2	—
5	—8,2	+0,6	—10,6	—0,1

Also ist in der Position ‖ die Hall-Konstante nicht nur viel kleiner als in der Position ⊥, sondern für das stärkere Feld selbst positiv, was an reinem Wismut niemals beobachtet worden war. Für die theoretische Deutung dieses Zeichenwechsels muss auf die Originalarbeiten verwiesen werden.

Die Untersuchungen über den Widerstand beschäftigen sich mit der Frage: Wie gross ist der Widerstand für eine willkürliche Richtung im Krystall, wenn die Magnetkraftlinien einen willkürlichen Winkel mit der Achse einschliessen?

Man hat hierbei zu achten auf die relative Lage von drei Richtungen: Hauptachse, Kraftlinien und Stromrichtung. Zuerst wurde der Widerstand ausserhalb des Magnetfeldes bestimmt; dann die Widerstandszunahme in den drei Gruppen I. Magnetkraft ⊥ Hauptachse; II. Magnetkraft ‖ Hauptachse; III. Magnetkraft schief zur Hauptachse (60°). In jeder dieser Gruppen wurde die Stromrichtung in Bezug auf Hauptachse und Magnetkraft soviel wie möglich variiert; und zwar wurden, weil man vermuten konnte, dass in jedem Falle ein Leitfähigkeitsellipsoid bestehen würde, zuerst die Richtungen der aus Symmetriegründen abzuleitenden Achsen gewählt, später zur Verifikation des Ellipsoids Richtungen in verschiedenen Achsenflächen.

Die Beobachtungsmethode war eine Modifikation derjenigen für den Hall-Effekt[1]) und

1) Ausführl. in Archives des sc. phys. et nat. (4) 11, 433—448.
2) Verslag der Verg. Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam, 21. April u. 26. Juni 1892, S. 494 u. 68. Comm. Phys. Lab. Leiden **37**, 7; **40**, 3.
3) Archives des sc. phys. et. nat. (4) **6**, 121, 1898.
4) Versl. der Verg. kon. Ak. v. Wet. Amsterdam, 29. Sept. u. 29. Dez. 1900, S. 277 u. 448; Comm. No. 61.
5) Versl. der Verg. Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam, 18. April 1895, S. 284, 30. Mai 1896, S. 47; Comm. **19**, 3, **26**, 3.

1) Weiteres über diese Methode: Versl. der Verg. Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam, 25. März 1899, S. 406; Comm. **48**, 6.

hat einige Ähnlichkeit mit einer Thomsonschen Brücke.

Da eine Wiedergabe der einzelnen Resultate zuviel Raum beanspruchen würde, müssen die nachstehenden Schlussfolgerungen 2—6 und einige Zahlenangaben genügen.

Schlussfolgerungen.

1. In Wismutkrystallen ist die Hall-Konstante gross für eine Magnetkraft senkrecht zur Hauptachse, sehr klein für eine der Achse parallele Kraft (von derselben Grössenordnung wie in anderen Metallen, z. B. Antimon), während für eine willkürliche Richtung der Magnetkraft die Konstante mit Hilfe eines Ellipsoids aus den für die Hauptfälle geltenden Werten berechnet werden kann.

2. Ausserhalb des Magnetfeldes kann der Widerstand des krystallinischen Wismuts für jede Richtung mit Hilfe eines Umdrehungsellipsoids auf der Hauptachse berechnet werden, deren Halbmesser den Quadratwurzeln aus der Leitfähigkeit proportional sind (Achsenverhältnis etwa $\sqrt{5} : \sqrt{3}$).

3. In einem der Achse parallelen Magnetfeld giebt es ebenfalls ein Umdrehungsellipsoid, dessen Achsen sich nur wenig von denen im vorgehenden Falle unterscheiden.

4. In einem zur Achse senkrechten Felde sind alle drei Achsen verschieden, und ist die Änderung gegen die Achsen ausserhalb des Magnetfeldes bedeutender (Achsenverhältnis im Magnetfelde 4600 etwa $\sqrt{5,7} : \sqrt{3,2} : \sqrt{3,1}$; prozentische Widerstandszunahme für die Richtung der Achse 13,5, für die Richtung der Magnetkraft 4,5, für die dritte, zu beiden senkrechte, Richtung 8,0).

5. Auch in einem willkürlichen Magnetfelde kann ein Ellipsoid angegeben werden, dessen Achsen man jetzt durch die Superposition der Achsenänderungen in den Hauptfällen erhält.

6. In einer Wismutplatte wird im allgemeinen der Widerstand nach zwei unter sich senkrechten Richtungen in ein und demselben Magnetfelde nicht im selben Verhältnisse vermehrt; hierdurch findet die Dissymmetrie des Hall-Effektes im Wismut ihre Erklärung.

(Eingegangen 9. Juni 1901.)

Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom mittels des Hallschen Phänomens.

Von Th. Des Coudres.

Schickt man einen Wechselstrom J_t durch die Drahtspule S und zugleich durch die gemäss Fig. 1 inmitten der Spule aufgestellte

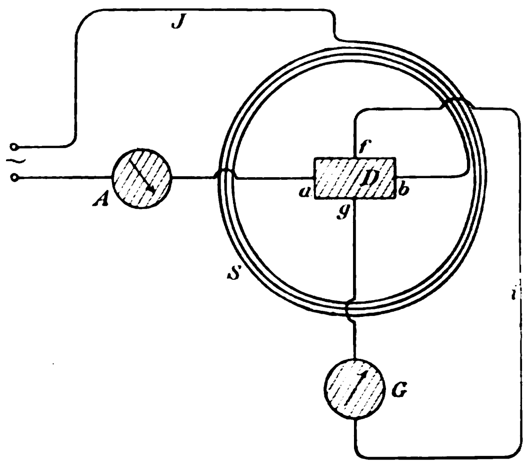


Fig. 1.

dünne Wismutplatte D, so zeigt das mit den Hallelektroden f und g verbundene d'Arsonvalspiegelgalvanometer G Gleichstrom an. Natürlich! Denn Hauptstrom J_t und das von ihm erzeugte Magnetfeld ändern ihren Sinn immer gleichzeitig. Bei Vertauschung der Primärstromklemmen a und b wechselt der Gleichstrom i das Zeichen. Wir können auch S durch die Bewickelung eines Elektromagneten (Fig. 2) aus

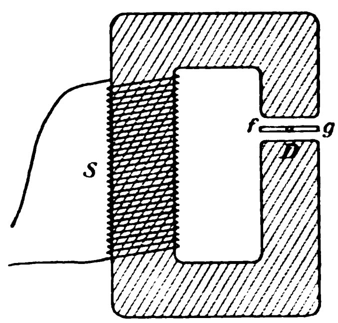


Fig. 2.

unterteiltem Eisen ersetzen und die Hallplatte in dem Luftspalte normal zu den Kraftlinien des magnetischen Wechselfeldes anbringen. Dann wird Strom i so stark, dass er mit einem technischen Zeigervoltmeter gemessen und einem grösseren Auditorium demonstriert werden kann. Die Vorführung der Hallschen Wirkung in dieser Form ist darum sehr bequem, weil die Sekundärelektroden f und g nicht ängstlich auf einer Äquipotentiallinie des Hauptstromes J_t zu liegen brauchen. Eine in den Hallstromkreis eindringende Wechselstromkomponente wirkt ja nicht auf das Gleichstrominstrument G.

1) Technisch rationelle Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom leistet eine derartige Vorrichtung nicht. Das lehrt folgende Überschlagsrechnung. Ein Volumelement

von Gestalt der rechteckigen Säule mit den Kantenlängen l, b, d werde in Richtung l vom Primärstrom J durchflossen, parallel d wirke das Magnetfeld H und erzeuge in Richtung b den Hallstrom i. Ist γ die spezifische Leitfähigkeit des Materiales, R sein Hallsches Drehungsvermögen und bezeichnen wir mit E die Potentialdifferenz in den Mittelpunkten von Eintritts- und Austrittsfläche des Stromes J, mit e die entsprechende Spannungsdifferenz für den Hallstrom i, so liefert die Boltzmannsche[1]) Theorie die Beziehungen

$$i = RH\gamma \cdot \frac{l}{b} \frac{1}{1+\varphi} J$$

1) $$E = \frac{l}{\gamma b d}\left(1 + \frac{(RH\gamma)^2}{1+\varphi}\right) J$$

$$e = w \frac{RH\gamma l}{b(1+\varphi)} J,$$

wo w der Widerstand ist, den der Hallstrom ausserhalb des betrachteten Volumelementes zu überwinden hat und φ eine Abkürzung für

$$\frac{\frac{w}{b}}{\frac{l}{\gamma l d}}$$

den Quotienten von diesem äusseren und dem inneren Widerstande des Hallstromkreises.

Aus Gleichungen (1) folgt

2) $$\frac{e \cdot i}{E \cdot J} = (RH\gamma)^2 \frac{\varphi}{(1+\varphi)\,[1 + (RH\gamma)^2 + \varphi]}$$

Das Verhältnis der als Hallsche Wirkung aus dem Volumelement austretenden Energie zu der mit dem Primärstrom eintretenden Energie hängt also ausser vom Magnetfelde und den Substanzeigenschaften R und γ nur vom Widerstandsquotienten φ ab. Der Nutzeffekt wird ein Optimum für

$$\varphi = \sqrt{1 + (RH\gamma)^2}$$

nämlich gleich

3) $$\frac{ei}{EJ} = \frac{\sqrt{1+(RH\gamma)^2} \cdot (RH\gamma)^2}{2[1 + (RH\gamma)^2] + [2 + (RH\gamma)^2]\sqrt{1+(RH\gamma)^2}}$$

Bei reinem Wismut, der Substanz mit den grössten Werten, von $R \cdot \gamma$ mag für Felder von $H =$ ungefähr 6000 das Produkt $RH\gamma$ etwa den Betrag $\frac{50000}{200000} = \frac{1}{4}$ erreichen, um bei stärkeren Feldern wieder abzunehmen.[2]) Das gäbe immer erst ein Güteverhältnis

$$\frac{ei}{EJ} = \frac{1}{66}$$

und experimentell wird man gezwungen sein, stets noch weit unter diesem Bruchteile prinzipiell in Hallenergie verwandelbarer Primärstromenergie zu bleiben.

1) Sitzungsber. der Wiener Akad. **94**, Abt. II, 657, 1886.
2) v. Ettingshausen und Nernst, Sitzungsber. der Wiener Akad. **94**, Abt. II, 591, 1886.

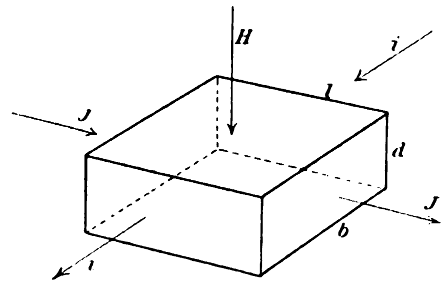


Fig. 3.

Müssig scheinen zunächst auch Betrachtungen darüber, inwieweit durch Vorrichtungen nach Art unseres Schemas (vgl. auch unten Fig. 4) etwa der Grad der Unordnung elektromagnetischer Strahlung beeinflussbar gedacht werden könnte.

Praktisch anwendbar dagegen dürfte sich die Versuchsanordnung für eine Reihe von Messzwecken erweisen.

2) In erster Linie zur Bestimmung Hallscher Koeffizienten R. Ist C die Feldstärke am Ort der Hallplatte D, wenn 10 Ampère durch Spule S fliessen, so beträgt die elektromotorische Kraft des Halleffektes beim Primärstrom J_t in jedem Momente

$$E_t = \frac{R \cdot C \cdot (J_t)^2}{d}$$

wenn d die Dicke der Platte bezeichnet und E und J wie alle anderen Grössen in cgs System gemessen sind. Die Periode von J_t sei T dann zeigt Galvanometer G den Strommittelwert

$$i = \frac{\frac{1}{T}\int_0^T E_t\,dt}{W} = \frac{R\,C}{d} \frac{\frac{1}{T}\int_0^T J_t^2 dt}{W}$$

an. W ist hier einfach der Gleichstromwiderstand des Hallstromkreises, denn die periodischen Glieder des pulsierenden Hallstromkreises, für welche andere Widerstandswerte gelten, wirken ja überhaupt nicht auf das Gleichstrominstrument G. Der Faktor $\frac{1}{T}\int_0^T J_t^2\,dt$ andererseits ist das Quadrat des von einem Wechselstromampèremeter etwa einem Hitzdrahtmessgerät, angezeigten Effektivwertes J. Formel

$$R = \frac{d\,W\,i}{C\,J^2} \qquad 4)$$

gilt also unabhängig von Frequenz und Kurvenform des Primärstromes J_t. Mit einer nach

Righis Vorschrift[1]) auf Glas hergerichteten Schicht aus käuflichem Wismut (2 cm Breite, 6 cm Länge, 0,006 cm Dicke) und einer felderzeugenden Spule von 22 cm Durchmesser, in deren Centrum $C = 27,4$ betrug, ergab sich bei $\mathfrak{J} = 0,0135$ und 50 Perioden in der Sekunde $i \cdot W$ zu 385, also mit Berücksichtigung der Halleffektvorzeichenkonvention

$$R = -4,6.$$

Man wird das Bedenken äussern, ob ein so im magnetischen Wechselfelde gewonnener Wert des Rotationsvermögens gleich dem für konstantes Feld definierten Werte gesetzt werden darf, das Bedenken, ob der Halleffekt momentan mit dem Felde in vollem Betrage zu stande kommt. Diese Frage nach etwaigen Trägheits- oder Reibungserscheinungen beim Hallschen Phänomen wird durch die Eichhornschen[2]) Messungsresultate über den Widerstand des Wismuts im veränderlichen magnetischen Felde besonders nahe gelegt und bildete thatsächlich den ersten Anlass für Zusammenstellung der experimentellen Anordnung Figur 1. Orientierende Vorversuche ergaben aber selbst bei Verwendung von Teslaströmen von über einer Million Perioden in der Sekunde so starke Halleffekte, dass für die Wechselzahlen unserer Starkstrommaschinen kein irgend störendes zeitliches Zurückbleiben der Hallschen Wirkung gegen das Feld zu erwarten stand. Quantitative Prüfung hat dies bestätigt. Nicht nur mit Maschinenwechselstrom wurde in den Beobachtungsfehlergrenzen derselbe Halleffekt erhalten wie mit Gleichstrom. Es konnte als Hauptstrom $\mathfrak{J}_i$ auch der Sekundärstrom eines Transformators benutzt werden, dessen Primärkreis von einem Simonschen Unterbrecher gespeist wurde und das Verhältnis der Ausschläge der Galvanometer A und G blieb das gleiche

	Gleichstromversuch	Versuch mit etwa 700 Wechseln pro Sek.
$\mathfrak{J}$	940	940
i	1350	1355

Ein Vorteil der Verwendung von Wechselfeld und Wechselstrom bei Ermittelung von Hallschem Rotationsvermögen ist offenbar zunächst: man kann die Stromdichte in der Platte sehr viel stärker als bei Beobachtungen mit Gleichstrom nehmen, denn ungleichmässige Widerstandsänderungen in der Platte durch Joulesche Wärme schaden ja nichts. Mit einem Galvanometer von der nur geringen Empfindlichkeit 1 mm $= 2,4 \cdot 10^{-6}$ Volt liess sich der Halleffekt noch bei Schablonenkupferblech, bei Aluminiumfolie, ja selbst bei Stanniol messen. Nahm man bis zu $H = 3500$ die Feldstärke des Elektromagneten dem magnetisierenden Strom proportional an, so berechnete sich R für

Cu zu	$-0,0007$	$(-0,00052)$
Al	$-0,00019$	$(-0,00048)$
Sn	$-0,000013$	$(-0,00004)$

Zum Vergleich sind die v. Ettingshausen-Nernstschen Werte in Klammern beigefügt. Die mittlere Feldstärke hatte 2500 betragen. Wechselfelder dieser Grösse erzeugen in den Hallplatten durch Induktion übrigens so erhebliche elektromotorische Kräfte, dass der Spiegel des d'Arsonval-Instrumentes meist nach Art eines Oszillographen zittert. Durch eine Kompensationsspule im Hallstromkreise, die einer Drahtspule des primären Kreises genähert werden kann, ist dieser Übelstand einfach beseitigt und die volle Schärfe der gespiegelten Skalenstriche wieder hergestellt.

Bei einem Metalle wie Wismut ist eine weitere Annehmlichkeit der Methode, dass Abhängigkeit des Plattenwiderstandes vom Magnetfelde und thermomagnetischer Effekt nicht stören. In den beiden Stellungen eines vor der Feldmagnetspule befindlichen Kommutators wurden dem entsprechend bei Wismut bis auf $1^0/_{00}$ entgegengesetzt gleiche elektromotorische Kräfte des Halleffektes beobachtet. Nur eine Bedingung musste dabei erfüllt sein: Falls man nicht den ganzen Magnetisierungsstrom als Primärstrom durch die Platte schickt, so darf der Widerstand der Abzweigung nicht zu klein gewählt werden. Anderenfalls entstehen in der Abzweigungsschleife durch das magnetische Feld Wechselströme von verschobener Phase und diese Ströme geben ihrerseits zu Hallschen Wirkungen Anlass. Man kann diese Thatsache drastisch in der Weise demonstrieren, dass man die Primärleitung überhaupt mit keiner Stromquelle verbindet. Zwei Elektroden a und b der dünnen Wismutplatte (Fig. 4) sind durch eine oder ein Paar

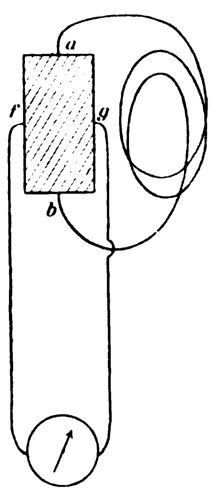


Fig. 4.

1) Journ. d. Phys. (2) **3**, 132, 1884.
2) Diese Zeitschrift 1, 81, 1899 und Drudes Ann. **3**, 20, 1900.

Drahtwindungen kurz geschlossen; f und g werden mit einem Galvanometer verbunden. Dann braucht man nur in der Nähe einen Elektromagneten mit Wechselstrom zu erregen und das Gleichstromgalvanometer giebt einen dauernden konstanten Ausschlag.

Ein letzter Vorzug der Methode macht sich bei Untersuchung flüssiger Leiter geltend. Zwar Wirbel entstehen infolge der ponderomotorischen Kräfte zwischen Feld und Primärstrom in gleicher Weise, mag man mit konstantem oder mit Wechselstrom arbeiten. Auch wechseln bei Umlegen der Kommutatoren vor Hallplatte oder Feldmagnet die ponderomotorischen Kräfte in gleicher Weise das Zeichen wie der Halleffekt. Während aber in konstantem Felde die durch die Wirbelbewegungen erzeugte Induktion Veranlassung zu störenden konstanten Strömen im Hallkreise geben kann, fällt diese Möglichkeit im Wechselfelde weg. Den Halleffekt fälschen oder einen nicht vorhandenen vortäuschen können die Wirbel hier nur dadurch, dass sie durch Wärmekonvektion an den Hallelektroden Temperaturdifferenzen erzeugen, die zu Thermokräften Anlass geben. Analoge Thermoströme weckt das galvanomagnetische Phänomen. Schutz gegen beide Störungen gewährt der v. Ettingshausensche Kunstgriff[1]) genügend langer Vorsprünge aus der Hallplatte aus dem Hallplattenmaterial, damit trotz der durch das Feld in der Hallplatte hervorgerufenen Wärmebewegungen die Lötstellen, Plattenmetall, Kupfer oder Platin auf konstanter Temperatur bleiben. Zur Prüfung, ob bei Flüssigkeiten sich nicht noch unvorhergesehene Übelstände geltend machen, wurden Quecksilber und ziemlich konzentriertes flüssiges Wismutamalgam auf Halleffekt geprüft. Die Metalle waren zwischen Glasplatten zu 0,05 mm dünnen Schichten ausgebreitet. Doch möchte ich auf die Resultate

$$R \text{ für } Hg = -0{,}00052$$

$$\text{für } Bi \text{ amalgam} = -0{,}00124$$

keinen sonderlichen Wert legen, da bei der Versuchsanordnung auf die Fehlerquelle der Thermokräfte durch Flüssigkeitswirbel noch nicht peinlich genug Rücksicht genommen war.

Unzweckmässig ist die Wechselfeldmethode wohl, sobald man vornehmlich die Veränderlichkeit von R mit der Feldstärke studieren will. Ihre Vorteile dürften dagegen besonders ins Gewicht fallen bei Bearbeitung von Problemen, wie der von Drude und Nernst[2]) aufgeworfenen Frage nach dem Rotationsvermögen des Wismuts in unmittelbarer Nähe seines Schmelzpunktes, einer Frage, welche durch v. Everdingens Forschungen über die Abhängigkeit des Hallschen Phänomens beim Wismut von der Krystallstruktur[1]) erhöhtes Interesse gewonnen hat. Im Göttinger physikalischen Institute ist zur Zeit ein Herr mit Untersuchungen nach dieser Richtung beschäftigt. Auch ein Versuch, die Anordnung auf Elektrolyte anzuwenden, verlohnte sich vielleicht der Mühe.

3) Die Kombination von magnetfelderzeugender Spule und Hallplatte aus einer sehr dünnen Wismutschicht kann andererseits als Dynamometer benutzt werden. Bei geringen Feldstärken scheint R genügend unabhängig von H zu sein.

Leitet man denselben Strom durch Spule und Platte, so hätte man gemäss Formel 4) oder

$$J = \sqrt{\frac{dw}{CR} \cdot r \cdot \alpha} = \text{const.} \sqrt{\alpha} \tag{5}$$

ein Ampèremeter. α ist der Ausschlag des Gleichstromgalvanometers, r sein Reduktionsfaktor. Beispielsweise fand sich mit Strom von 100 Wechseln pro Sekunde

J	α	$\frac{\sqrt{\alpha}}{J}$
0,3 Amp.	18	14,13
0,6	73	14,25
0,9	160	14,06

Nullinstrumentverwendung in der Brükkenkombination: entsprechend Kohlrauschs Dynamometerschaltung leitet man den ungeteilten Strom durch die Feldspule und nimmt nur die Hallplatte in die Brücke.

Für Wattbestimmungen schicken wir den Hauptstrom J_t durch die Spule S, den Spannungsstrom V_t durch einen Vorschaltwiderstand und die Hallplatte. Der Hallstromgalvanometerausschlag wird dann

$$\alpha = \frac{RC}{rdw} \frac{1}{T} \int_0^T J_t V_t \, dt = \text{const.} \frac{1}{T} \int_0^T J_t V_t \, dt \tag{6}$$

Vergleich mit den Angaben P eines Dynamometers von Ganz & Comp. zeigte gute Übereinstimmung.

	P	α	$\frac{P}{\alpha}$	J	Spannung	Leistungsfaktor $\cos\varphi$
I	397	45	1,136	2,9	138	0,993
II	303 Watt	34	1,122	6,6 Amp.	58 Volt	0,79
III	95	11	1,158	2,8	125	0,33

Verbraucht wurde die Arbeit bei I in reinem Widerstande bei II in offenem Hufeisenelektromagneten bei III in Drosselspule ohne Luftspalt. Dem Dynamometer gegenüber hat die Hallvorrichtung den Vorzug sehr kleiner Selbstinduktion des Spannungsstromkreises. Die Empfindlichkeit wird gesteigert durch Dünnermachen der Wismutschicht.

1) Wied. Ann. **31**, 751, 1887.
2) Wied. Ann. **42**, 576, 1891.

1) Comm. from the physical. Lab. Leiden Nr. 61, 1900. Vergl. auch vorstehende Mitteilung.

Natürlich lässt sich die Vorrichtung auch bei Analyse von Wechselströmen[1]) statt des Dynamometers benutzen. Sie kann eben in jeder Hinsicht ein Dynamometer ersetzen.

4) Die Hallvorrichtung ermöglicht aber obendrein noch eine Messung, die das Dynamometer nicht leistet, nämlich die direkte harmonische Analyse magnetischer Wechselfelder. Direkt soll heissen: Ermittelung einzelner Koeffizienten der Fourierschen Reihe

$$Ht = A_1 \sin \frac{2\pi}{T} t + A_2 \sin 2 \frac{2\pi}{T} t + \dots$$

$$+ B_1 \cos \frac{2\pi}{T} t + B_2 \cos 2 \frac{2\pi}{T} t + \dots$$

ohne die Gestalt der Kurve H_t vorher bestimmen zu müssen. Befindet sich die Hallplatte normal zu den Kraftlinien im Felde H_t von der Periode T und wir benutzen als Hauptstrom J_t den Strom $J_n \cdot \sin\left(n \frac{2\pi t}{T}\right)$ eines Sinusinduktors von der Periode $\frac{T}{n}$, so resultiert der Gleichstromausschlag

$$\alpha_n = \frac{R J_n}{r d w} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T H_t \sin\left(2\pi n \frac{t}{T}\right) dt$$

und daraus der Koeffizient des $n$ten Sinusgliedes der trigonometrischen Entwickelung von H_t

$$7a) \qquad A_n = \frac{1}{T} \int_0^T H_t \sin\left(2\pi n \frac{t}{T}\right) dt = \frac{\alpha_n \cdot r \cdot d \cdot w}{R J_n}$$

Analog ergiebt sich nach Verschiebung der Phase des Sinusinduktorstromes um 90^0 aus dem Galvanometerausschlag β_n das entsprechende Cosinusglied

$$7b) \qquad B_n = \frac{\beta_n \cdot r \cdot d \cdot w}{R J_n}.$$

Oderwenn allein die Amplitude $C_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2}$, nicht auch die Phase der $n$ten Oberschwingung interessiert, so beobachtet man nur in der Induktorstellung, welche den maximalen Galvanometerausschlag γ_n giebt und erhält

$$7c) \qquad C_n = \frac{\gamma_n \cdot r \cdot d \cdot w}{R J_n},$$

Phasenbestimmungen erfordern analog, wie bei Stromanalyse, Kenntnis der Sinusinduktorstromphasen und diese Ermittelungen sind in praxi etwas umständlich.

Beispiel einer mit der oben angegebenen Wismutplatte und dem ebendort genannten d'Arsonvalgalvanometer ausgeführten Feldanalyse:

1) Th. Des Coudres, Verh. d. phys. Ges. z. Berlin **17**, 129, 1898, Elektrotechn. Z. S. 753 u. 771, 1900.

$J_1 = 0{,}05$ Amp. J_2 $0{,}105$ $J_3 = 0{,}151$
$\gamma_1 = 150$ $\gamma_2 < 0{,}5$ $\gamma_3 = 12$

Daraus $C_1 = 100$ gesetzt: $C_2 = 0$; $C_3 = 4$, also ziemlich streng sinusförmig veränderliches Feld.

Hier wie bei allen angegebenen Verwendungen des Wismuts zu Messzwecken ist vorausgesetzt, dass man die Platte nur in Feldgegenden bringt, wo die Maximalwerte von H_t noch so klein sind, dass R als merklich konstant betrachtet werden kann. Ebenso darf der Primärstrom die Temperatur der Platte nicht erheblich beeinflussen, wenn die Formeln anwendbar bleiben sollen.

Göttingen.

(Eingegangen 17. Juni 1901.)

Über eine fernere Analogie in dem elektrischen Verhalten der natürlichen und der durch Becquerelstrahlen abnorm leitend gemachten Luft.

Von J. Elster u. H. Geitel.

E. Rutherford[1]) hat gefunden, dass Luft, die über Thoriumoxyd geleitet wird, die Eigenschaft erhält, andere Stoffe, mit denen sie in Berührung kommt, vorübergehend radioaktiv zu machen, und dass diese Wirkung bedeutend dadurch gesteigert werden kann, dass man den dem Versuche unterworfenen Körper negativ elektrisiert, solange er von der von dem Thoriumoxyde kommenden Luft umgeben ist. Eine positive Ladung des Körpers hat diesen die Aufnahme der induzierten Strahlung begünstigenden Einfluss nicht.

Die von den so künstlich aktivierten Substanzen ausgehenden Becquerelstrahlen lassen sich am einfachsten durch ihre Eigenschaft nachweisen, die Luft durch Ionisierung leitend zu machen; aber auch Wirkungen auf die photographische Platte können erzielt werden. Nach Dorn[2]), Curie und Debierne[3]) lassen sich mit Radiumpräparaten Erscheinungen hervorrufen, die im wesentlichen von derselben Art sind.

Da nun die natürliche atmosphärische Luft, abgesehen von den sehr bedeutenden graduellen Unterschieden, hinsichtlich ihres elektrischen Leitvermögens bemerkenswerte Analogien mit solchen Gasen zeigt, die mit radioaktiven Stoffen in Berührung waren, so lag es nahe, nach einer ohne Mitwirkung jener Substanzen durch die

1) E. Rutherford, Phil. Mag. **49**, 1 u. 161, 1900.
2) E. Dorn, Sitzungsber. der naturforschenden Gesellschaft in Halle. Juni 1900.
3) P. Curie u. A. Debierne, C. R. **132**, 548 u. 768, 1901. Diese Zeitschr. **2**, 500 u. 513, 1901.

Luft allein bewirkten induzierten Strahlung zu suchen.

Die ersten vor etwa Jahresfrist nach dem Bekanntwerden der Rutherfordschen Entdeckung in dieser Richtung gemachten Versuche hatten nur ein unsicheres Ergebnis gehabt, da die Empfindlichkeit der Messungsmethode nicht ausreichte. Während der Untersuchungen über das elektrische Verhalten abgeschlossener Luftmengen erhielt aber der Gedanke, dass eine solche induzierte Strahlung existieren könne, durch die aufs neue hervortretenden Analogien der bezeichneten Art weitere Nahrung, zugleich ergab sich von selbst eine sichere und empfindlichere Methode.

Bringt man unter die früher beschriebene geräumige Glasglocke[1]), unter der das zur Messung der Leitfähigkeit der eingeschlossenen Luft dienende Elektroskop mit aufgesetztem Zerstreuungskörper steht, das von aussen durch eine Sonde geladen werden kann und zur Vermeidung störender Ladungen der Glaswand von einem allseitig geschlossenen Mantel aus Drahtnetz umgeben ist, eine, wenn auch äusserst schwach radioaktive Substanz, so wird sich deren Gegenwart durch die vermehrte Elektrizitätszerstreuung zu erkennen geben.

Wir benutzten nun eben diesen Mantel aus Drahtnetz, der das Elektroskop umgiebt, als den Versuchskörper, in welchem wir eine induzierte Strahlung durch Kontakt mit der freien Luft hervorzurufen suchten.

Zunächst wurde der Spannungsverlust bestimmt, den das von dem Drahtnetze umgebene Elektroskop durch die normale Zerstreuung bei frisch eingelassener Luft in einer bestimmten Zeit unter der Glocke erleidet. Alsdann setzten wir das Drahtnetz mit positiver oder negativer Ladung der freien Luft im Garten mehrere Stunden lang aus. Diese Ladung geschah mittels eines Hochspannungsakkumulators in Reihenschaltung mit einer Zambonischen Säule oder besser durch eine mit der Wasserleitung betriebene Art von Wasserinfluenzmaschine[2]), im ersten Falle mochte die Potentialdifferenz gegen die Erde etwa 600 Volt, im zweiten einige Tausend Volt betragen, entsprechend einer Funkenschlagweite von 1—2 mm.

Nach beendigter Exposition wurde das Drahtnetz wieder über das Elektroskop und über das Ganze die Glasglocke gesetzt und die Zerstreuung von neuem bestimmt. Es ergab sich nun stets eine wesentliche — zuweilen sehr beträchtliche — Zunahme der Zerstreuung beider Elektrizitätsarten unter der Glocke, wenn das Drahtnetz negative Ladung gehabt hatte, bei positiver blieb sie aus. Die Wirkung zeigte sich sowohl bei Drahtgeflechten aus Messing wie aus verzinktem Eisen, auch grosse Stücke dünnen Kupferblechs, von Karton oder Leinen sowie Pflanzenblätter gaben qualitativ dasselbe Resultat. Die so erzielte abnorme Leitfähigkeit der Luft, d. h. die ionisierende Wirkung des vorher exponierten Körpers, nimmt, wie bei den Rutherfordschen Versuchen, im Laufe der Zeit ab, doch kann sie nach einem Tage noch erkennbar sein, selbst wenn die Luft unter der Glocke unterdessen öfter erneuert wird. Sie ist um so kräftiger und anhaltender, je länger und mit je höherer Ladung der Versuchskörper der freien Luft ausgesetzt war, hängt aber auch wahrscheinlich von meteorologischen Verhältnissen ab. Folgende Beobachtungsreihen mögen als Beleg dienen.

26. Mai, Messingdrahtzylinder. (2 mm Maschenweite.)

$8—9^h$ a. Spannungsabnahme pro Stunde vor der Exposition: **37** Volt.

9^h 5—11^h. Der Cylinder negativ geladen exponiert.

11^h 5—12^h 5. Spannungsabnahme pro Stunde: **63** Volt.

12^h 8—2^h 7. Spannungsabnahme pro Stunde: **47,5** Volt.

27. Mai, Messingdrahtzylinder.

7^h a 20—8^h 20. Spannungsabnahme pro Stunde vor der Exposition: **44** Volt.

8^h 40—10^h 40. Der Cylinder positiv geladen exponiert.

10^h 43—11^h 43. Spannungsabnahme pro Stunde: **38** Volt.

29. Mai, Netz aus verzinktem Eisendraht. (20 mm Maschenweite.)

8^h 22a—9^h 22. Spannungsabnahme pro Stunde vor der Exposition: **47** Volt.

9^h 35—10^h 20. Der Cylinder positiv geladen exponiert.

10^h 24—11^h 9. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **45,3** Volt.

11^h 15—12^h 0. Der Cylinder negativ geladen exponiert.

12^h 3—12^h 48. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **97,3** Volt.

1^h —2^h 5. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **67,0** Volt.

5^h 0—6^h 0. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **42,0** Volt.

31. Mai, Netz aus verzinktem Eisendraht.

8^h 20a—11^h 30. Der Cylinder negativ geladen exponiert.

11^h 33—11^h 48. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **244** Volt.

1) Vgl. die Mitteilung in dieser Zeitschrift **2**, 560, 1901.

2) Der einfache Apparat, aus der Kombination zweier Thomsonscher Waterdropper bestehend, ist von uns beschrieben: Wied. Ann. **25**, 114, 1885.

12^h 24—12^h 39. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde: **192** Volt.

9^h 1—9^h 31. Spannungsabnahme berechnet auf 1 Stunde (Glocke inzwischen gelüftet). **53** Volt.

19. Juni: Versuche an Pflanzenblättern, die auf das Netz aus verzinktem Eisendraht gelegt wurden.

2^h 4—2^h 19p. Drei nicht vorher geladene Rosskastanienblätter liegen auf dem Drahtnetze. Spannungsabnahme berechnet auf die Stunde: **48,4** Volt.

2^h 25—2^h 40. Drei ebensolche, aber 16 Stunden lang mit negativer Ladung exponierte Blätter. Spannungsabnahme berechnet auf die Stunde: **321,6** Volt.

21. Juni: Fortsetzung.

2^h 3—2^h 18p. Drei nicht geladene Blätter, wie oben. Spannungsabnahme, berechnet auf die Stunde: **69,6** Volt.

2^h 26—2^h 41. Drei ebensolche, 16 Stunden positiv geladen exponiert. Spannungsabnahme pro Stunde: **68,8** Volt.

(Das Drahtnetz war vom 19. Juni abends bis zum 20. morgens negativ geladen exponiert gewesen, daher war am 21. Juni noch eine etwas erhöhte Leitfähigkeit der Luft bemerkbar, die aber durch das Einbringen der vorher positiv geladenen Blätter nicht zunahm).

Die Ladung der im Freien exponierten Objekte geschah in allen diesen Fällen mittels der Wasserinfluenzmaschine.

Sehr geeignet zu den beschriebenen Versuchen erwiesen sich auch 10—20 m lange Kupferdrähte von 0,5 mm Stärke, die im Garten isoliert ausgespannt bis zu etwa 2 mm Schlagweite geladen wurden. Nach 24stündiger Exposition rollten wir sie ein und legten sie auf das Drahtnetz unter der Glasglocke. Die Beschleunigung der Zerstreuung ist bei vorhergegangener negativer Elektrisierung sehr deutlich, auch dann, wenn man die Drahtrolle in Aluminiumfolie einwickelt. Vorhergehende positive Ladung hat keine derartige Wirkung.

Reibt man den Draht, nachdem er 24 Stunden negativ geladen ist, mit einem Stücke Fliesspapier kräftig ab, so nimmt das Papier eine geringe Aktivität an. Eine stärkere Wirkung erzielt man dadurch, dass man — ähnlich wie Rutherford bei seinen Versuchen über induzierte Thorstrahlung verfuhr — das Papier vor dem Abreiben des Drahtes mit etwas Salzsäure befeuchtet, die man nachher sofort durch Erhitzen in einer Porzellanschale verjagt, bis das Papier verglimmt. Die so erhaltene Kohle ist verhältnismässig stark aktiv, doch nimmt die Wirkung in einigen Stunden schon merklich ab.[1])

Schon die Thatsache, dass die mit negativer Ladung exponiert gewesenen Drähte durch Aluminiumfolie hindurch die Luft leitend machen, zeigt, dass eine wirkliche Becquerelstrahlung vorliegen muss. Es war indessen eine Bestätigung dieser Erfahrung auf photographischem Wege sehr wünschenswert. Eine grosse Schwierigkeit liegt darin, dass die aktive Substanz in äusserst feiner Zerteilung auf der Oberfläche der betr. Leiter verbreitet und daher schwer in konzentrierter Form zu erhalten ist. Immerhin war es möglich, eine schwache photographische Wirkung der auf die oben beschriebene Weise aktivierten Papierkohle durch eine Zinnschablone und eine Lage von Aluminiumfolie hindurch zu erzielen, doch bedarf dieses Ergebnis noch einer Kontrolle unter Verbesserung der Methode. —

Von den Folgerungen, die man aus diesen Versuchen auf das elektrische Verhalten der Atmosphäre ziehen kann, heben wir nur die eine hervor, dass überall, wo ein hohes positives Potentialgefälle der atmosphärischen Elektrizität eine grössere Dichtigkeit der negativen Ladung des Bodens bedingt, wie z. B. auf Bergspitzen, eine Aktivierung der Erdoberfläche und daher eine gesteigerte Leitfähigkeit der Luft eintreten muss.

Gewisse in der vorigen Abhandlung erwähnte Anomalien,[2]) die wir bei den Versuchen über Elektrizitätszerstreuung in geschlossenen Räumen beobachteten, sobald wir Körper einführten, die früher längere Zeit der Luft in elektrisiertem Zustande ausgesetzt gewesen waren, finden nun ihre Erklärung.

Dass die Messungen der Elektrizitätszerstreuung im Freien durch eine allmählich eintretende Aktivierung des Messapparates selbst merklich beeinflusst werden könnten, ist bei der Kürze der gebräuchlichen Expositionszeit (von 15′) und der ständigen Lufterneuerung durch den Wind unter normalen Verhältnissen nicht wahrscheinlich.

Wir fassen das Wesentliche der vorstehenden Mitteilung in folgender Weise zusammen: Die natürliche atmosphärische Luft hat die Eigenschaft, negativ geladene Körper beliebiger Art, mit denen sie in Berührung kommt, vorübergehend radioaktiv zu machen.

Benutzt man die von Rutherford eingeführte Bezeichnung der „Emanation" radio-

1) Der benutzte Draht war zuvor mit reiner Salzsäure gewaschen; der bei Verdampfung der verbrauchten Säure verbliebene Rest hatte sich als inaktiv erwiesen.

2) l. c. S. 562, Anmerkung.

aktiver Stoffe für ihre Eigenschaft, die sie umgebenden Gase nicht nur leitend, sondern selbst radioaktiv zu machen, so muss man die Existenz einer solchen Emanation — nach einer soeben erschienenen Publikation Rutherfords[1]) vielleicht eines radioaktiven Gases — in der Atmosphäre annehmen.

1) E. Rutherford, Nature 64, 157, 1901.

(Eingegangen am 24. Juni 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Prinzipien für die Beurteilung der Wirksamkeit von Seismographen.

Von E. Wiechert.[1])

Meine Herren! Wenn ich hier über die Prinzipien für die Beurteilung der Wirksamkeit von Seismographen sprechen will, so habe ich keineswegs die Absicht, ausführliche theoretische Untersuchungen vorzuführen. Es muss vielmehr und es wird genügen, Resultate anzugeben. — Bedenkt man die ausserordentliche Fülle der Konstruktionen und die vielfach gewählten Komplikationen, so könnte man vermuten, dass auch die Wirkungsweise in entsprechender Weise variieren und zuweilen recht kompliziert sein werde. Das trifft aber erfreulicherweise nicht zu: die Wirkungsweise ist vielmehr in allen praktischen Fällen überraschend gleichförmig und einfach. Hierauf hinzuweisen ist ein wesentlicher Teil meiner heutigen Aufgabe. Fragen, welche heute berührt wurden und Wünsche, die ich in Ihrem Kreise aussprechen hörte, veranlassen mich, die mathematischen Erörterungen noch weiter einzuschränken, als es zunächst meine Absicht war. Ich verweise in dieser Hinsicht auf eine ausführlichere Abhandlung, die demnächst in den Schriften der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen erscheinen wird.

Der einfachste Seismograph wird durch ein gewöhnliches Pendel dargestellt, das seine Bewegungen mit einer Spitze aufschreibt. Denken Sie sich, um ein bestimmtes Bild zu gewinnen, die Pendelmasse auf einem leichten Stab befestigt, der oben eine horizontale Drehungsachse trägt und unten in einer Spitze endet, welche die Bewegungen auf einem durch ein Uhrwerk bewegten Papierstreifen registriert.

Die schreibende Spitze will ich „Indikator", die ganze Länge des Stabes von der Achse bis zur Spitze „Indikatorlänge" nennen. Es ist einleuchtend, dass diese letztere die Neigungsempfindlichkeit bestimmt. Bezeichnen wir die Indikatorlänge mit $\mathfrak{J}$, die jeweilige Neigung des Apparates parallel der Schwingungsebene des Pendels mit i, die Veränderung der Ruhelage des Indikators infolge der Neigung, also den zu i gehörigen Ausschlag mit a, so kann bei den hier in Betracht kommenden kleinen Ausschlägen einfach

$$a = \mathfrak{J} i$$

gesetzt werden, wenn die Neigung in Bogenmass gemessen wird. Wegen dieser Beziehung erscheint die Indikatorlänge geradezu als Empfindlichkeit gegen Neigungsänderungen bei Anwendung von Bogenmass.

Hierbei gilt als Einheit derjenige Winkel, dessen Bogen gleich dem Radius ist, der also $360^0/2\pi = 57^0\ 17{,}75' = 206264{,}8\ ..''$ umfasst. Wegen seiner unbequemen Grösse benutzt man in der praktischen Seismometrie in der Regel eine andere Einheit, nämlich die Winkelsekunde. Entsprechend bedeutet dann

$$\mathfrak{J}/206264{,}8\ ..$$

die Empfindlichkeit in Winkelsekunden. Es ist meist erlaubt, an Stelle der Zahl 206264,8 .. die um etwa $^1/_{10}\%$ abweichende Zahl 206000 zu setzen, und in der Regel genügt sogar die um etwa 3% verschiedene noch bequemere Zahl 200000.

Eine Empfindlichkeit von 1 mm auf 1 Winkelsekunde würde $\mathfrak{J}/206000 = 1$ mm, also $\mathfrak{J} = 206000$ mm $= 206$ m verlangen, desgleichen eine Empfindlichkeit von 10 mm auf 1 Winkelsekunde eine Indikatorlänge $\mathfrak{J} = 2060$ m. Ich habe hier praktisch verwendete, noch nicht einmal besonders grosse Empfindlichkeiten herangezogen; so werden Sie erkennen, dass der einfache Pendelseismograph aus technischen Gründen den Anforderungen nicht zu entsprechen vermag, welche wir in der Praxis stellen müssen, denn an die Anwendung von Pendeln von Hunderten oder gar Tausenden von Metern Länge kann nicht gedacht werden.

Mit der Neigungsempfindlichkeit hängt diejenige gegen Schwerkraftänderungen, wie sie z. B. den veränderten Stand von Sonne und Mond begleiten, innig zusammen. Das Auftreten einer horizontalen Komponente der Schwere Δg parallel der Schwingungsebene hat eine Änderung der Schwerkraftrichtung um einen Winkel zur Folge, den wir bei so kleinen Beträgen, wie sie hier in Betracht kommen, $= -\Delta g/g$ setzen können, wirkt also gerade so auf die Ruhelage des Pendels, wie eine

1) Vortrag, gehalten auf der ersten internationalen Erdbebenkonferenz in Strassburg, April 1901.

Neigung $i = + \Delta g/g$ des Apparates. So gehört denn zu Δg der Ausschlag

$$a = \frac{\mathfrak{J}}{g} \Delta g$$

und stellt $\mathfrak{J}g$ die Empfindlichkeit gegen Änderungen der horizontalen Komponente der Schwerkraft parallel der Schwingungsebene dar.

Der Pendelseismograph reagiert ausser auf Neigungen und Schwerkraftänderungen auch auf horizontale Verschiebungen parallel der Schwingungsebene. Den theoretischen Erwägungen hierüber wollen wir ein sogenanntes mathematisches Pendel zu Grunde legen, indem wir annehmen, dass das Pendelgewicht als punktförmig und die Masse des Stabes als verschwindend klein gegenüber der Masse des Pendelgewichtes gelten darf. Unter solchen Umständen wird das Pendelgewicht bei kleinen sehr schnellen Horizontalverschiebungen parallel der Schwingungsebene den Bewegungen des Gestelles nicht folgen, sondern „stationär" bleiben, wie die Seismologen zu sagen pflegen. Den erzwungenen Bewegungen des Gestelles entsprechen in diesem Falle gleichgrosse, aber entgegengesetzte scheinbare Bewegungen des Pendelkörpers. Diese wiederum werden vom Indikator

$$V = \frac{\mathfrak{J}}{L}$$

mal vergrössert aufgezeichnet, wenn L die Pendellänge, d. h. den Abstand des Pendelgewichtes von der Achse bezeichnet. V wollen wir die „Indikatorvergrösserung" nennen. Wie ersichtlich giebt sie negativ genommen die Vergrösserung sehr schneller Parallelverschiebungen an.

L bestimmt die Periode der Eigenschwingungen, die wir mit T bezeichnen wollen, denn es ist nach einem bekannten Satz der Mechanik

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{g}{L}.$$

Finden Neigungen, Schwereänderungen und Verschiebungen in irgend einer Weise gleichzeitig statt, so liefert die Theorie für die Bewegung des Indikators folgende Gleichung:

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 a - V\left(\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \Delta g\right)$$

oder

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\frac{g}{L}\,a - \frac{\mathfrak{J}}{L}\left(\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \Delta g\right),$$

wobei ξ die Verschiebung parallel der Schwingungsebene bedeutet, wenn auf die hemmenden Einflüsse, vor allem die Reibung, keine Rücksicht genommen wird, und wenn solche Glieder weggelassen werden, welche für die gewöhnliche Praxis ohne Belang sind. Die hingeschriebene Gleichung giebt den Zusammenhang zwischen den Störungen und den Indikatorbewegungen vollständig an, denn sie bestimmt die Indikatorbewegungen, wenn die Störungen gegeben sind; ich werde sie weiterhin die „Indikatorgleichung" nennen.

Sie erkennen, dass für die Wirkungsweise unseres Seismometers die 4 Grössen $T, L, V, \mathfrak{J}$ charakteristisch sind. Doch ist zu bemerken, dass zwischen ihnen die beiden Beziehungen:

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{g}{L}, \qquad V = \frac{\mathfrak{J}}{L}$$

bestehen. Zur Feststellung der Eigenart des Seismometers genügen also schon 2 Grössen. Wir können dabei T oder L mit V oder $\mathfrak{J}$ kombinieren oder auch das Paar V und $\mathfrak{J}$ wählen.

Da bei gegebenen Störungen die Bewegungen des Indikators durch die Indikatorgleichung beherrscht werden, ist umgekehrt bei gegebener Indikatorbewegung auch nur mittels der Indikatorgleichung auf die Störungen zu schliessen. Hieraus folgt, dass aus den Aufzeichnungen des Seismographen zunächst allein der Wert des Ausdruckes

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \Delta g$$

und seine Veränderungen abgeleitet werden können. Wie die einzelnen Störungsursachen, die Verschiebungen, die Neigungen und die Schwereänderungen, sich hierbei zusammenfügen, ist von der besonderen Art des Seismographen, der Pendellänge und der Indikatorlänge, ganz unabhängig, denn in den entscheidenden Ausdruck geht keine der charakterisierenden Grössen ein. Es ist also eine Trennung der Störungsursachen durch ein Studium der Aufzeichnungen nicht möglich, und sie bleibt sogar dann unmöglich, wenn man die Diagramme von Seismographen verschiedener Art miteinander vergleicht. Dieser für die Seismometrie äusserst wichtige Punkt ist oftmals übersehen worden. Dass eine Verwechslung der Wirkung von Neigungen und Verschiebungen möglich ist, hat Herr Professor August Schmidt (Stuttgart), den in unserer Mitte zu sehen, wir die Freude haben, 1898 (in den Beiträgen zur Geophysik, Bd. III) nachdrücklich hervorgehoben.

Vielleicht werden Sie den Einwand machen, dass unsere Überlegungen sich nur auf den einfachen Pendelseismographen beziehen, andere Apparate aber sich anders verhalten können. Da ist es interessant, dass die mathematische Theorie sich auch für beliebig konstruierte Seismometer durchführen lässt, ohne dass es nötig wäre, die Einzelheiten des Baues zu kennen, und dass sich dabei für die gewöhnlich in Betracht kommenden Konstruktionen genau wieder die vorhin mitgeteilte Indikatorgleichung ergiebt. Stets lässt sich also ein Pendelseismograph der beschriebenen

einfachsten Art angeben, welcher sich gerade so wie das betreffende Instrument verhält. Die früheren Schlussfolgerungen bleiben also auch im allgemeinen Falle bestehen. Zugleich erkennen wir, dass der Hinweis auf die äquivalenten einfachen Pendelseismographen in bequemster Weise zur Charakterisierung der Instrumente dienen kann.

T bedeutet auch im allgemeinen Falle die Schwingungsperiode, L wird eine Rechnungsgrösse, welche im Hinblick auf das Verhalten des einfachen Pendels „äquivalente Pendellänge" genannt werden kann. $\mathfrak{J}$ stellt wieder die Neigungsempfindlichkeit, $\mathfrak{J}/g$ die Empfindlichkeit gegen Schwerestörungen dar, so dass $\mathfrak{J}$ als „äquivalente Indikatorlänge" zu bezeichnen ist. V behält seine Bedeutung als Vergrösserung sehr schneller Parallelverschiebungen und wird darum allgemein „Indikatorvergrösserung" heissen können.

Was bisher mitgeteilt wurde, bezieht sich nur auf „Horizontalseismographen", d. h. auf Apparate, welche horizontale Verschiebungen und horizontale Schwerkraftänderungen registrieren. Wie steht es nun um die „Vertikalseismographen", d. h. um die Apparate, welche die vertikalen Verschiebungen und die vertikalen Schwereänderungen aufzeichnen? — Hier liefert die Theorie unter ganz ähnlichen Vernachlässigungen wie vorhin wiederum dieselbe Indikatorgleichung, nur dass nun das Glied mit i fortfällt. Zwischen den L, T, $\mathfrak{J}$, V bestehen wieder die früher hingeschriebenen beiden Beziehungen; ξ bedeutet nun die Vertikalverschiebung, Δg die Störung der Vertikalkomponenten der Schwerkraft. Das Verhalten entspricht also genau dem der Horizontalseismographen, nur dass die Neigungsempfindlichkeit kein Analogon findet. T ist auch jetzt die Schwingungsperiode, V die Indikatorvergrösserung, d. h. die Vergrösserung sehr schneller Parallelverschiebungen, $\mathfrak{J}/g$ die Empfindlichkeit gegen Schwereänderungen. Es steht nichts im Wege der Einheitlichkeit wegen L und $\mathfrak{J}$ wieder „äquivalente Pendellänge" und „äquivalente Indikatorlänge" zu nennen.

Um die Anschaulichkeit des Gesagten zu erhöhen, will ich die charakteristischen Daten für einige Seismographen hier angeben (siehe die Tabelle auf der nächsten Spalte).

Die bei den Vertikalseismographen in der Rubrik $\mathfrak{J}/206000$ angegebenen Zahlen zeigen den Ausschlag des Indikators an, welcher einer Veränderung der Schwerkraft um den 206000sten Teil ihrer Grösse zugehört und haben so für die Vertikalkomponente der Schwerkraft eben dieselbe Bedeutung, wie die entsprechenden Zahlen bei den Horizontalseismographen für die Horizontalkomponente.

I. Horizontalseismographen.

Apparat	T (Sek.)	L (Meter)	$\mathfrak{J}$ (Meter)	$\frac{\mathfrak{J}}{206000}$ (Millim.)	V
Milne's Horizontalpendel	15	56	400	2	7
Omori's Horizontalpendel	28	200	2000	10	10
Kurzes Vicentinisches Pendel	1,2	1,5	150	3/4	100
Ehlert's Horizontalpendel	12	36	3500	17	100[1])
Langes Vicentinisches Pendel	6,5	10,5	1700	8	160
Wiechert's astatisches Pendel	11,2	31	6600	32	210

II. Vertikalseismographen.[2])

Apparat	T (Sek.)	L (Meter)	$\mathfrak{J}$ (Meter)	$\frac{\mathfrak{J}}{206000}$ (Millim.)	V
Vicentini's Instrument	1,2	0,36	32	1/7	90
Schlüter's „	15	56	9000	43	160
Wiechert's Probeapparat	2,2	1,2	225	1	190
August Schmidt's Trifilar	1,5	0,56	230	1	400

Der Konstrukteur des unter den Vertikalseismographen an zweiter Stelle aufgeführten photographisch registrierenden Instrumentes ist mein Assistent im Göttinger geophysikalischen Institut eine Beschreibung des Instrumentes und seiner Ergebnisse ist für den Druck vorbereitet; wie wundervoll die Diagramme sind, werden Sie an der Originalaufzeichnung eines Erdbebens sehen, welche dort ausgestellt ist. Das an dritter Stelle aufgeführte Instrument wurde von mir konstruiert, um daran Vorstudien für den Bau eines grösseren Instrumentes zu machen.

Wie man die Zahlenangaben der Tabellen zur Beurteilung der Leistungen der Instrumente verwenden kann, ist nach der gegebenen Erklärung der Grössen T, L, V, $\mathfrak{J}$ bis zu einem gewissen Grade unmittelbar einleuchtend; wir werden bald noch weitere Anhaltspunkte finden.

Zunächst will ich nochmals zu der äusserst wichtigen Frage nach der Trennung von Neigungen und Parallelverschiebungen zurückkehren, bei der die gewöhnlichen Seismographen versagen. Ein Mittel der Abhilfe wird uns durch die Theorie der Instrumente angewiesen, wenn man sie genauer ausführt, als den angegebenen Formeln entspricht.

Vergegenwärtigen Sie sich wieder den einfachen Pendelseismographen, mit dessen Betrachtung wir begannen, und denken Sie sich

1) Die von Ehlert selbst angegebene Zahl verlangt wegen der Abweichung des Schwingungspunktes eines Pendels vom Schwerpunkt eine Korrektion.

2) Diese Tabelle mit den angeknüpften Erklärungen wurde bei dem Vortrage unterdrückt, um Zeit zu sparen.

das Instrument auf einen recht hohen Pfeiler gestellt. Bei einer plötzlichen Neigung der Erdoberfläche wird es dann entsprechend stark seitlich bewegt werden, und, da der Pendelkörper stationär bleibt, muss ein plötzlicher Ausschlag erfolgen. Hiermit ist die vorhin angegebene Indikatorgleichung

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 a - V\left(\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \triangle g\right)$$

im Widerspruch, denn eine plötzliche Änderung von a verlangt sehr grosse Werte von d^2a/dt^2, und solche sind nach der Gleichung mit einer plötzlichen Änderung von i nicht verbunden. Sie werden erkennen, dass eine Unvollständigkeit insofern besteht, als die Entfernung des Pendelkörpers von der Referenzstelle der Erdoberfläche nicht berücksichtigt wird. Führt man die Theorie in dieser Hinsicht genauer aus, so tritt für i auf der rechten Seite der Indikatorgleichung der Ausdruck

$$-W\frac{d^2i}{dt^2}$$

hinzu, in welchem die Konstante W von der Höhenlage des Pendelkörpers abhängt; es ist $W = VZ$, wenn Z die Höhe bedeutet. Auch im allgemeinen Falle beliebiger Konstruktion des Seismographen ergiebt sich ein solches Glied, nur dass die Bedeutung der Konstanten W dann komplizierter wird.

Da i in die Glieder mit W und V in verschiedener Weise eingeht, wird eine Aussonderung von i und damit eine Trennung der Parallelverschiebungen und der Neigungen möglich, wenn man die Aufzeichnungen von Instrumenten miteinander vergleicht, in welchen das Verhältnis von W und V ein anderes ist. Bei den einfachen Pendelseismographen ist $W/V = Z$, muss also eine verschiedene Höhe des Pendelkörpers gewählt werden.

Herr W. Schlüter, den ich eben erwähnte, unternahm es als seine Doktorarbeit, experimentell festzustellen, in welchem Masse bei den Erdbeben Parallelverschiebungen und Neigungen miteinander verbunden sind. Er erdachte und baute zu diesem Zweck einen „Klinographen". Das Instrument stellt in seinem Hauptteil einen Wagebalken ohne Schalengehänge dar, der in 75 cm Abstand von der Achse auf beiden Seiten Gewichte von je 5 Kilogramm trägt, und dessen Schwerpunkt so genau als irgend möglich in die Schneide gelegt ist. Auf diese Weise wird der Apparat geeignet, Neigungen anzuzeigen, während die Empfindlichkeit gegen Parallelverschiebungen sehr herabgesetzt wird. Im Lichte meiner Theorie betrachtet, bedeutet das Schlütersche Verfahren, dass W/V möglichst gross gemacht wird; nach den in der Doktor-Dissertation angegebenen Daten wurde $W/V = -12000$ m erreicht. Der Klinograph entsprach also einem einfachen Pendel, dessen Körper sich 12000 m unter der Erdoberfläche befindet.

Der Vergleich der Aufzeichnungen des Klinographen mit denen eines Horizontalpendels ergab, dass bei den Fernerdbeben (welche wir in Göttingen allein erhalten), entgegen einer oft ausgesprochenen Ansicht, Neigungen gegenüber den Parallelverschiebungen für die seismographischen Aufzeichnungen nicht merklich werden. Es gelang nicht einmal, die Neigungsänderungen überhaupt nachzuweisen. So können wir denn die bisherigen Untersuchungen mit der Erkenntnis abschliessen, dass bei den Erdbeben der Zusammenhang zwischen der Bewegung der Erdoberfläche und dem Indikatorausschlag a durch die einfache Gleichung

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 a - V\frac{d^2\xi}{dt^2} = -\frac{g}{L}a - \frac{J}{L}\frac{d^2\xi}{dt^2}$$

angegeben wird. Bei den Horizontalseismographen misst ξ die horizontale Verrückung des Erdbodens, bei den Vertikalseismographen die Vertikalverrückung. (Fortsetzung folgt.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Professor Dr. Th. Des Coudres.

A. Raps, Über Ferndrucker. (Vortrag gehalten am 28. November 1899 im Elektrotechnischen Verein, Elektrot. Zeitschr. **21**, 296, 1900.)

Der Ferndrucker hat die Aufgabe, den unmittelbaren Fernverkehr mit niedergeschriebenen Zeichen zu ermöglichen.

Er ist hervorgegangen aus dem Siemensschen Typendrucker (1847), der auf dem Prinzipe der Selbstunterbrechung basiert.

In Fig. 1 ist der Magnet a durch die Vorrichtung V zu einem Selbstunterbrecher geworden. Der von dem positiven Pol der Batterie ausgehende Strom passiert den Druckmagneten c, gelangt durch die bei b anliegende Vorrichtung V zum Fortschaltemagneten a, geht über die Fernleitung F durch den zweiten

Apparat zur Erde und kehrt von da zum negativen Pole der Batterie zurück.

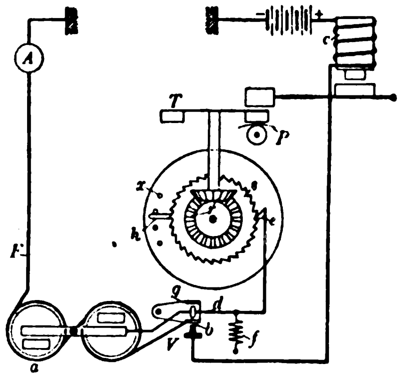


Fig. 1.

Ist die Feder *f* mit dem Sperrhaken *e*, der in das Steigrad *s* greift, heruntergezogen, so ist der Stromkreis bei *b* geschlossen, der Magnet *a* zieht an, *e* geht in die Höhe bis der Hebel *d* an die bewegliche Gabel *g*, die den Hub der Vorrichtung vergrössern soll, anstösst und dadurch den Strom unterbricht. Die Feder *f* zieht dann einen Zahn des Steigrades *s* herunter, steuert Gabel *g* um, schliesst dadurch den Strom bei *b*, und das Spiel wiederholt sich. Mit *s* gekuppelt ist ein Zeiger, der auf der Buchstabenskala des Telegraphen spielt. Vermittels konischer Räder *r* ist das Typenrad *T* mit dem Steigrad verbunden.

Der Druckmagnet *c* ist so lange bethätigt, als Strom durch den Apparat fliesst. Beim Fortschalten lässt der Magnet *c* den Hammer nicht los, da Unterbrechung und Schliessung bei *b* sehr schnell aufeinander folgen und der Stromkreis schon wieder geschlossen ist, ehe der Magnetismus des Druckmagneten so weit verschwunden ist, dass ein Abfall des Ankers stattfindet.

Ein solcher und damit ein Drucken der durch Schlitzen des Typenrades federnden Type erfolgt erst, wenn der mit dem Steigrade *s* starr verbundene Arm *h* an den vorgeschobenen Stift *x* anstösst, dann kann nämlich *e* durch die Feder *f* nicht mehr zurückgezogen werden, es tritt eine längere Stromunterbrechung ein, der Anker fällt ab und druckt. Der Druck wird hier also durch längere Stromunterbrechung bewirkt.

Der in Fig. 2 dargestellte Apparat wirkt durch längeren Stromschluss. Die Einleitung der Bewegung ist genau die gleiche wie beim ersten Apparat. Der Bewegungsstromkreis wird beim Anhalten des Apparates unterbrochen und dabei der in den punktierten Linien eingezeichnete Nebenschluss geschlossen, der Druckmagnet angezogen und durch verlängerte Stromdauer der Druck durch das Typenrad bewirkt. *V* und *U* ist eine schematisch angedeutete Vorrichtung zur Unterbrechung des Stromes nach erfolgtem Drucke.

Aus diesem Apparate ist später der Börsendrucker hervorgegangen. Bei demselben kommen polarisierte Systeme und intermittierende, wechselnde Ströme zur Anwendung.

Fig. 3 zeigt schematisch die Anordnung des Börsendruckers. Der eine Teil des Kommutators *C* ist mit dem positiven Pole, der andere Teil mit dem negativen Pole der Batterie verbunden. Beide Teile des Kommutators sind voneinander isoliert.

Die Schleifbürsten B_1 und B_2 sind um eine Zahnbreite voneinander verschoben, so dass beim Rotieren des Kommutators abwechselnd positive und negative Stromstösse in die Leitung gesandt werden.

Diese bewirken eine Fortschaltung des Steigrades *s* vermittelst des Echappements *E* und des polarisierten Systems *H*.

Durch die Fortschaltung des Steigrades *s*

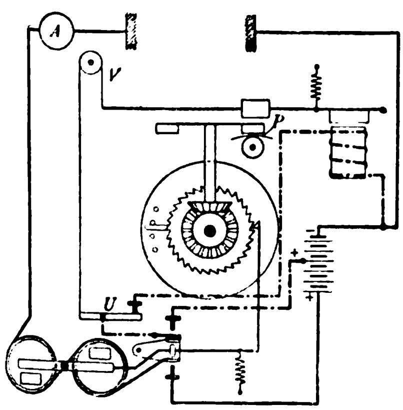


Fig. 2.

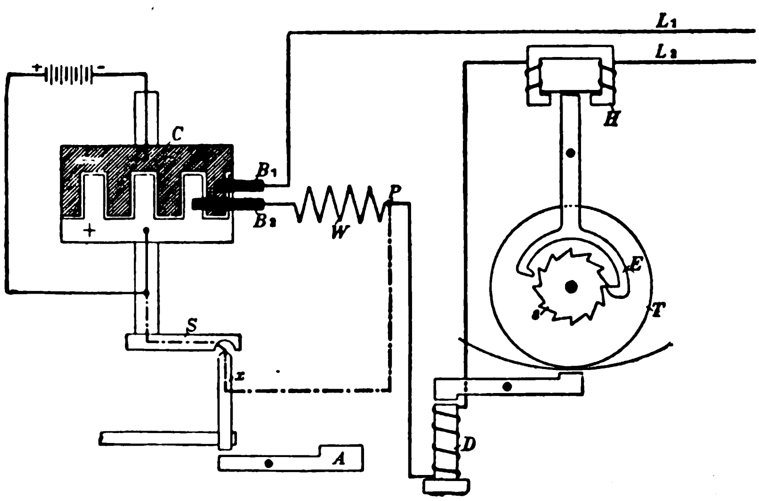


Fig. 3.

wird eine Fortschaltung des damit verbundenen Typenrades T bewirkt; Kommutator und Typenrad sind also zwangsläufig miteinander verbunden. Mit C verbunden ist der Schlitten S. Unter letzterem stehen kreisförmig angeordnet die Stifte x, welche durch einen Tastendruck bei A in die Höhe gebracht werden können. Dadurch wird S angehalten, der Kommutator und auch das Typenrad zum Stehen gebracht und der dem Papierband gegenüber befindliche Buchstabe durch einen Strom von längerer Dauer vom negativen Pol über S, x, P und den Druckmagneten D zum Abdruck gebracht. Um den Druck kräftig genug zu gestalten, wird der Widerstand W im Augenblick des Druckens über S, x, P kurz geschlossen.

Fig. 4 stellt den Empfangsapparat dar.

E ist das Echappement mit Fortschaltevorrichtung, D der Druckmagnet, T das mit dem Steigrad s fest verbundene Typenrad, C der Korrektionshebel. Letzterer schleift auf dem sich langsam drehenden Rade r des Uhrwerks U.

Wird nun beim Geber keine Taste gedrückt, während der Kommutator rotiert, so wird der Hebel C von r mittels Reibung mitgenommen. Nach zwei Umdrehungen des Typenrades wird die Nase des Korrektionshebels so weit vorgeschoben, dass ein mit dem Typenrad verbundener Arm a durch den Korrektionshebel C festgehalten wird. Diese Stellung entspricht der Blankstellung, d. h. an der dann dem Papier gegenüber befindlichen Stelle des Typenrades ist keine Type vorhanden. Der Kommutator des Gebers macht dann noch eine weitere Umdrehung und wird dann durch den Druck der Blanktaste in seiner Stellung durch den Schlitten S in Fig. 3 angehalten.

Durch diese einfache Manipulation wird die richtige Übereinstimmung zwischen Geber und Empfänger gesichert und bei etwaiger Störung die Phase zwischen beiden Apparaten leicht wiederhergestellt.

Beim Drucken selbst wird der Hebel C durch den gegen den Stift b schlagenden Druckhebel h zurückgeschlagen und so eine Arretierung durch den Arm a verhindert.

In Bremerhaven sind 100 derartige Börsendrucker an eine Centralstation in vier parallelen Stromkreisen zu je 25 hintereinandergeschalteten Stationen im Betrieb und bewährt sich die zur Übermittelung von Schiffsdepeschen dienende Anlage sehr gut.

Die Vereinigung von Geber und Empfänger zu einem einzigen Apparate ist nun bei dem in Fig. 5 schematisch dargestellten Ferndrucker durchgeführt.

Um die Ströme auf der Linie zu reduzieren, tritt das polarisierte Relais R neu hinzu, welches die Lokalbatterie einschaltet.

Dient der Apparat als Empfänger, so passieren die Stromimpulse die punktiert gezeichneten Leitungen, bethätigen das Relais R und der mit der Batteriemitte verbundene Hebel h wird abwechselnd an den positiven und negativen Pol der Batterie gelegt. Dadurch wird das Echappement E bethätigt, welches seinerseits eine Fortschaltung des Typenrades bewirkt.

Soll der Apparat als Geber funktionieren, so hat man die als Gebertaste A bezeichnete Taste in die untere Stellung zu bringen, was in der Praxis automatisch geschieht, wenn man

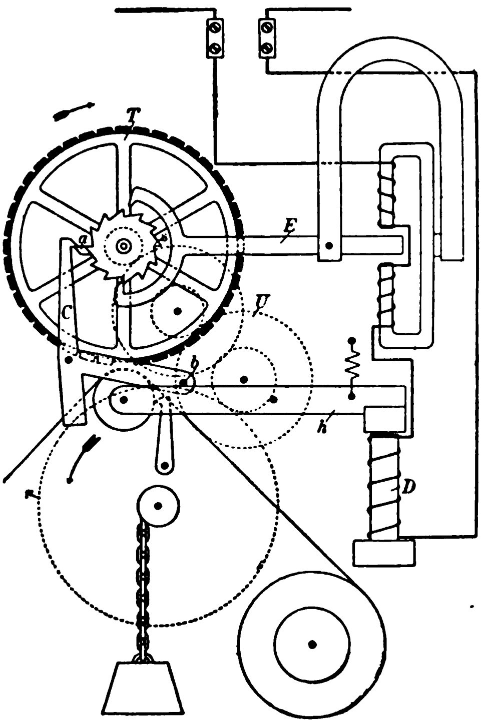


Fig. 4.

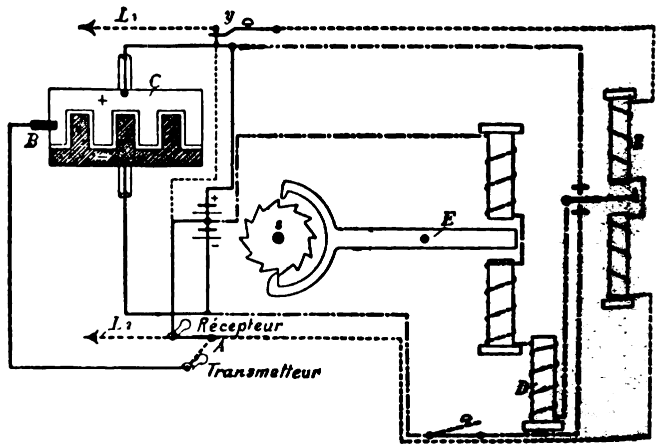


Fig. 5.

beim Beginn des Telegraphierens auf die Blanktaste drückt.

Der Strom geht von dem positiven Pole der Batterie über die Bürste *B* über das eigene Relais *R* in die Linie L_1 und durch L_2 zur Batteriemitte zurück. Durch die positiven und negativen Stromstösse werden sämtliche Relais *R* bethätigt und dadurch eine Fortschaltung aller eingeschalteten Apparate bewirkt. Nach dem Anhalten des Apparates wird die Lokalbatterie selbstthätig ausgeschaltet.

Fig. 6 zeigt den Ferndrucker ausführlicher.

Beim Geben wird die Blanktaste *P* gedrückt, wodurch Geber und Empfänger in Thätigkeit gesetzt werden.

Vermittelst des Armes *q* und des Hebels *S* wird der Arm *T* von der Nase *Na* heruntergezogen und mit *3* in Kontakt gebracht, zweitens wird durch den Schieber *Q* der Umschalter *R* von *1* nach *2* gelegt. Dadurch wird ein Lokal- und ein Linienstrom geschlossen. Ersterer geht vom positiven Batteriepol über *T, 3, 5, 6,* den Fortschaltmagneten *E*, den Druckmagneten *D* nach der Batteriemitte; letzterer vom positiven Pol über Kommutator *C*, Bürste *B, 2, R,* Linienelektromagnet *H* zur Klemme *II*, von dort durch Fernleitung *L"* zum Empfangsapparat und von diesem durch *L'* nach der Batteriemitte des Gebers zurück.

Der erste Linienstromimpuls ist stets so gerichtet, dass das polarisierte Relais *H* nicht umgelegt wird, während der erste Lokalstromstoss immer eine Umlegung des polarisierten Fortschaltmagneten *E* und dadurch eine Weiterbewegung des Typenrades um eine Typen- resp. Bürstenbreite des Kommutators zur Folge hat.

Dadurch kommt nun die Bürste mit einem negativen Segment des Kommutators in Berührung, ein entgegengesetzter Stromstoss kommt zu stande, der Geber- und Empfänger-Relais *H* von *5* nach *4*, zugleich Fortschaltemagnet *E* unter Vorwärtsbewegung von *B* und *K*, die auf derselben Achse *a* sitzen, umlegt.

Es kommt wieder ein positives Kommutatorsegment mit der Bürste in Kontakt, Relais *H* wird wieder von *4* nach *5*, *B* und *K* um einen Schritt weiter gerückt. Das Spiel wiederholt sich.

Durch die sehr kurzen Stromstösse für die Vorwärtsbewegung wird der Druckmagnet nicht bethätigt.

Sobald aber das Geber-Typenrad und die Bürste einen Umgang vollführt haben, wird durch den beim Druck der Taste *T* vorgeschobenen Stift *x* das Typenrad angehalten und durch den Lokalstrom längerer Dauer die Druckvorrichtung *D* bethätigt und dadurch

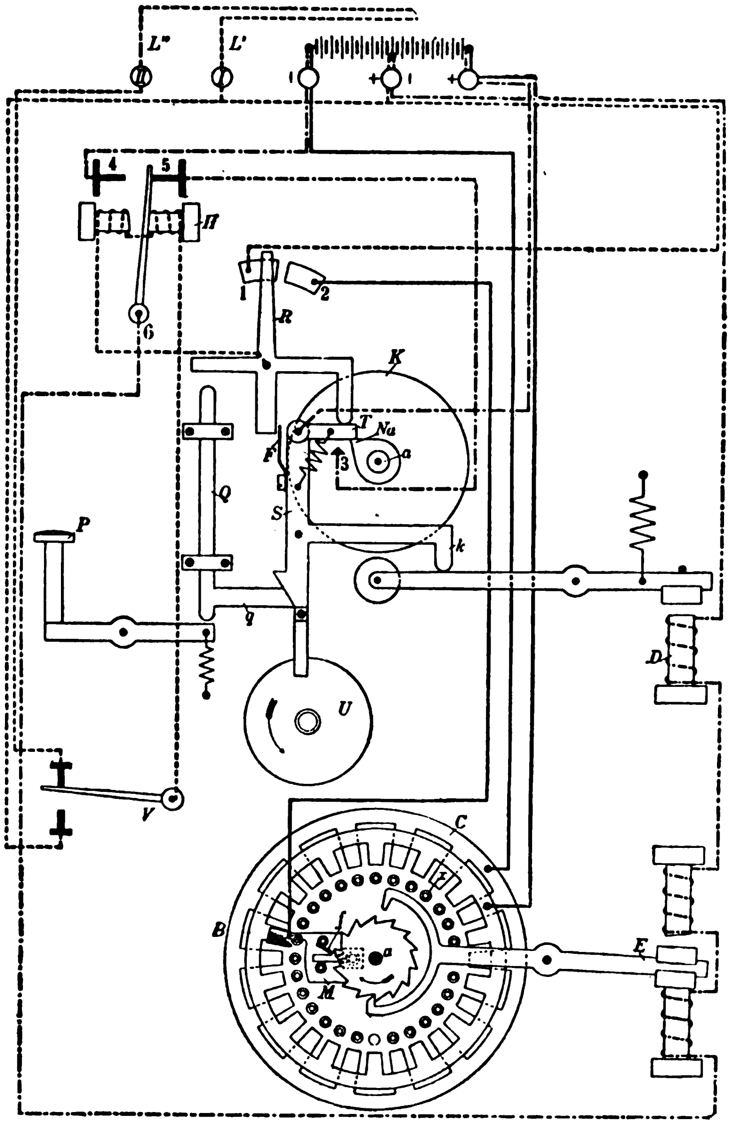


Fig. 6.

beim Empfänger die Herstellung des Kontaktes zwischen *T* und *3* bewirkt.

Dadurch kann aber jetzt noch keine Fortschaltung der Typenräder erfolgen, da die Relaiszungen *6* noch an *4* liegen. Erst wenn die Bürste freigegeben und mit dem nächsten Kommutatorsegment in Berührung gebracht wird, kommt bei Geber und Empfänger nach Umlegen des Relais *H* ein Lokalstrom zu stande,

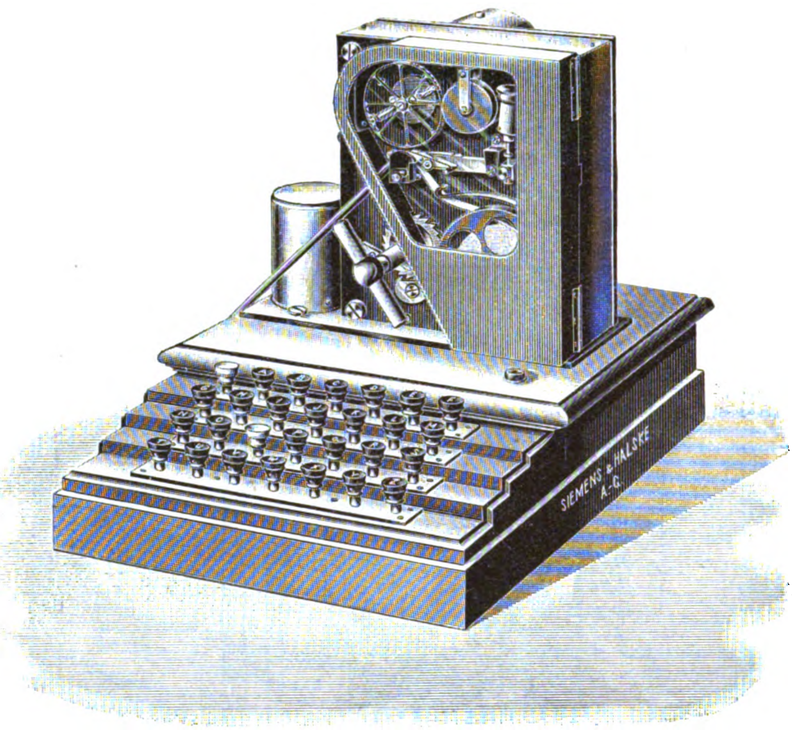


Fig. 7.

Dieselbe gestattet auch dem Geber-Typenrade beim letzten Hub des Echappements einen Schritt auszuführen, da die Kuppelungsfeder f von der Kraft des Steigrades überwunden wird.

Jetzt ist der Synchronismus auch beim Anhalten der Bürste gewahrt und auch nach Loslassen der Taste wird der Apparat weiter laufen, da die Bürste durch die Spannung der Feder f auf das folgende Segment gelangt und so einen entgegengesetzten Stromimpuls bedingt, der die Apparate fortschaltet.

Der Ferndrucker, von dem Fig. 7 eine perspektivische Ansicht wiedergiebt und der die handliche Form einer Schreibmaschine besitzt, hat eine viel grössere Anwendungsfähigkeit als der vorher beschriebene Börsendrucker.

Verschiedene Abonnenten sind an eine Ferndruckercentrale angeschlossen und können untereinander schriftliche Depeschen austauschen. Auch können alle angeschlossenen Apparate zugleich bethätigt werden und so Cirkulardepeschen allgemein interessierenden Inhalts verbreitet werden.

welcher ein Weiterschreiten der Typenräder nach sich zieht. Von nun an laufen beide Apparate synchron weiter, bis, wenn sie sich selbst überlassen bleiben, der Empfänger nach zwei, der Geber nach drei Umdrehungen zur Ruhe kommt.

Hierbei geschieht gleichzeitig automatisch die Ausschaltung der Lokalbatterien, die Umlegung von R in die Empfangsstellung und eine etwa nötige Korrektion.

Damit nun die Bürste nach Loslassen der Taste T auf das nächste Kommutatorsegment gelangt, sowie damit überhaupt eine Fortschaltung des Apparates erfolgen kann, ist es erforderlich, dass die Bürste dem Typenrade gegenüber eine gewisse Voreilung besitzt. Die Bürste muss bereits das nächste Segment berühren, ehe das Echappement seinen Hub vollendet hat; nach Anhalten der Bürste kommt dann noch ein Lokal- und ein Linienstrom zu stande, der die Typenräder zu drehen sucht. Beim Geber wird die Drehung durch den Stift x verhindert, während sich der Empfänger um eine Typenbreite weiterbewegen würde.

Dadurch würde aber der Synchronismus beider Apparate gestört werden. Ausserdem würde der Apparat nach Loslassen der Taste nicht von selbst weiterlaufen, da kein entgegengesetzter Stromimpuls die Fortschaltmagnete bethätigen kann.

Beide Übelstände werden durch die elastische Kuppelung M von B und K beseitigt.

In Berlin befindet sich eine solche Versuchsanlage mit der Centrale auf dem Haupttelegraphenamte und 6 Teilnehmern, unter anderem sind das Reichspostamt, die Kaiserliche Ober-Postdirektion, das Kaiserliche Telegraphen-Versuchsamt u. s. w. angeschlossen.

Wünscht ein Teilnehmer mit einem anderen zu korrespondieren, so drückt er zunächst auf einen schwarzen Knopf im Sockel des Apparates und bringt dadurch auf dem Amte eine Klappe zu Fall. Das Vermittelungsamt meldet sich mit einem ?, worauf der Anrufende mit der Nummer des Anzurufenden antwortet.

Die gedrückte Taste muss so lange gehalten werden, bis der Apparat zum Stehen gekommen ist, da der betreffende Buchstabe sonst natürlich nicht zum Abdruck kommt.

Sollte die Übereinstimmung irgend einmal gestört sein, so braucht man nur den Apparat bis zum Stillstand auslaufen zu lassen, um den Synchronismus wiederherzustellen.

Bei Cirkular-Depeschen werden alle Teilnehmer mit „Cirk" angerufen; eine Unterbrechung der Cirkular-Depeschen von einem einzelnen Teilnehmer ist unstatthaft.

E. Ruhmer.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 41. 13. Juli 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die durch Kathodenstrahlen bewirkte Ablenkung der Magnetnadel.[1])

Von Josef von Geitler.

H. Hertz ist in seiner Untersuchung „Über die Glimmentladung"[2]) bekanntlich zu dem Resultate gelangt, „dass wenn überhaupt eine spezifische Einwirkung der Kathodenstrahlen auf den Magnet stattfand, diese doch nicht den 300. Theil derjenigen Wirkung erreichen konnte, welche den Kathodenstrahlen als Stromträgern zukam." Seither ist, wie ich glaube, die Meinung eine allgemeine gewesen, dass eine Einwirkung der Kathodenstrahlen auf den Magnet in nachweisbarem Masse überhaupt nicht bestehe. Da aber andererseits eine sehr kräftige Beeinflussung der Kathodenstrahlen durch den Magnet vorhanden ist, schien mir der Gedanke fast unabweisbar, dass die entsprechende Gegenwirkung der Strahlen auf den Magnet trotz des negativen Ergebnisses der Hertzschen Versuche dennoch vorhanden sei, und dass nur ein bisher übersehener Umstand bei diesen Versuchen die gesuchte Erscheinung verschleiert habe. Es ist mir nun, wie ich glaube, gelungen, durch Vermeidung der vermuteten Fehlerquelle zu zeigen, dass thatsächlich eine Einwirkung der Kathodenstrahlen auf den Magnet in dem Sinne besteht, wie sie einem in der Bahn der Kathodenstrahlen gegen die Kathode fliessenden positiven Strome nach der Ampèreschen Regel entspräche. Bezüglich der Intensität der ablenkenden Kraft ergab sich das Resultat, dass dieselbe nicht einen verschwindenden Bruchteil jener des gesamten Entladungsstromes beträgt, sondern von derselben Grössenordnung wie diese ist, ja derselben wahrscheinlich gleichkommt.

Die Versuchsanordnung von H. Hertz nun war in Kürze die folgende. In einem cylindrischen Glasrohre befand sich an einem Ende eine plane Kathode, durch deren durchbohrte Mitte, von ihr isoliert, eine in der Röhrenachse gelegene Drahtanode ein wenig in das Vakuum hineinragte. Die Kathodenstrahlen waren kräftig entwickelt. Ausserhalb des Rohres befand sich eine stark astasierte Magnetnadel, welche in beliebige Lage zu demselben gebracht werden konnte. In keiner Lage zeigte die Nadel die geringste Einwirkung der Kathodenstrahlen an. Ging die Entladung aber zwischen der Kathode und einer am anderen Röhrenende befindlichen Hilfsanode über, so ergab die der Rohrachse parallele Nadel einen Ausschlag von 30 bis 40 Skalenteilen. Nun zeigen sich aber bekanntlich die von den Kathodenstrahlen getroffenen Stellen der Glaswand geladen. Es erscheint daher möglich, dass diese Ladungen längs der Glaswand oder in der leitenden Gasmasse zur Anode abfliessen. Aus dieser Hypothese folgt, dass in dem Hertzschen Hauptversuche ein röhrenförmiger Rückstrom entstehen konnte, welcher, mit den in seiner Achse verlaufenden Kathodenstrahlen „induktionsfrei" angeordnet, deren eventuelle magnetische Wirkung nach aussen vollständig aufheben musste. Um demnach die vermutete Wirkung der Kathodenstrahlen nachweisen zu können, erschien es notwendig, die Magnetnadel, — natürlich elektrostatisch geschützt — in das Innere der Röhre zu bringen. Da ein röhrenförmiger Strom auf das Innere der von ihm durchflossenen Röhre magnetisch nicht zu wirken vermag, so war, die Richtigkeit der gemachten Hypothese vorausgesetzt, bei der eben angedeuteten Anordnung zu erwarten, dass die gesuchte magnetische

1) Auszugsweise aus den Sitzungsberichten der kais. Akademie der Wissenschaft. in Wien **110**, Abt. IIa. April 1901, mitgeteilt. Die Arbeit wird in ihrer ursprünglichen Form in den Annalen der Physik erscheinen.

2) H. Hertz, Wied. Ann. **19**, 798, 1883 (Ges. Werke **1**, 257).

Wirkung der Kathodenstrahlen rein zu Tage treten werde.

Der Versuch bestätigte diese Erwartung vollständig. In einem ca. 60 cm langen cylindrischen Rohre waren z. B. an dem einen Ende eine plane Kathode *a* und seitlich nahe derselben zwei stiftförmige Anoden *α* eingeschmolzen; ganz symmetrisch dazu befanden sich an dem anderen Ende eine plane Elektrode *b* und zwei Stifte *β*. Die, von aussen astasierte, mit einem Spiegelchen versehene kleine Magnetnadel befand sich, mehrere Dezimeter von *a α* resp. *b β* entfernt, in einem (nicht zur Erde geleiteten) Messinggehäuse, welches in ein vertikales, an der horizontalen Röhre angebrachtes Ansatzrohr eingekittet war. Die Magnetnadel konnte gehoben oder gesenkt werden, so dass sie sich oberhalb oder unterhalb der Achse des horizontalen Entladungsrohres befand. Mit Hilfe des Richtmagnetes konnte sie der Rohrachse parallel oder senkrecht zu derselben gestellt werden.

War *a* Kathode, *α* Anode (resp. *b* Kathode, *β* Anode), so wurde die parallel der Achse gerichtete Nadel, wie schon oben erwähnt, stets so abgelenkt, wie es ein in der Achse auf *a* (resp. *b*) zufliessender positiver Strom gethan hätte. Stand die Nadel senkrecht zur Achse, so verschwand der Ausschlag. Machte man *α* zur Kathode, *a* zur Anode, so trat kein Ausschlag ein.

Die Grösse der Ausschläge (bei einer Schwingungsdauer der Nadel von 2 bis 3 Sekunden bis 20 cm und mehr) zeigten sich abhängig von der Güte des Vakuums, sowie von der Stärke der Entladungen[1]), dasselbe gilt von den Ausschlägen, welche man erhielt, wenn *a* (resp. *b*) zur Kathode, und gleichzeitig *b* (resp. *a*) zur Anode gemacht, die Entladung also durch die ganze Länge des Rohres gesendet wurde. Die Ausschläge entsprachen dann einem gegen *a* (resp. *b*) fliessenden positiven Strome, und waren von derselben Grössenordnung, wie die früher erhaltenen. Hing dagegen die Magnetnadel in einem zweiten, ganz ausserhalb der Entladungsröhre in möglichster Nähe oberhalb derselben angebrachten Messinggehäuse, was der Versuchsanordnung von H. Hertz entspricht, so zeigte sich nicht der geringste Ausschlag, wenn *a* (resp. *b*) Kathode und gleichzeitig *α* (resp. *β*) Anode war. Dagegen trat ein Ausschlag von mehreren Skalencentimetern ein, sobald *a* (resp. *b*) zur Kathode und gleichzeitig *b* (resp. *a*) zur Anode gemacht wurde und zwar entsprechend der Wirkung eines gegen *a* (resp. *b*) gerichteten parallel der Rohrachse verlaufenden positiven Stromes.

Prag, Physik. Inst. d. k. k. deutsch. Univ.

(Eingegangen 25. Juni 1901.)

1) Diese lieferte ein mit Wehnelt-Unterbrecher versehenes in genügender Entfernung von der Röhre befindliches Ruhmkorffsches Induktorium.

Methode zur exakten Bestimmung von Ladung und Geschwindigkeit der Becquerelstrahlen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von W. Kaufmann.

Die Ähnlichkeit der Becquerelstrahlen mit den Kathodenstrahlen in qualitativer, die beträchtlichen Unterschiede beider Strahlenarten in quantitativer Beziehung lassen es wünschenswert erscheinen, für die ersteren eine möglichst genaue Bestimmung von ε/μ (ε-Ladung, μ-Masse) und v (Geschwindigkeit) auszuführen. Eine derartige Bestimmung würde auch noch insofern interessant sein, als wir es wahrscheinlich bei den Becquerelstrahlen mit äusserst hohen Geschwindigkeiten zu thun haben, und eine grosse Zahl von neueren theoretischen Arbeiten sich gerade mit dem Verhalten der Elektronen bei Geschwindigkeiten, die der Lichtgeschwindigkeit nahekommen, beschäftigt.

Die Versuche, die ich mit gütiger Unterstützung der Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen begonnen habe, sind zwar noch nicht vollendet; doch möchte ich wenigstens die angewandte Methode, von deren Brauchbarkeit ich mich durch die bisherigen Versuche überzeugt habe, hier beschreiben.

Zu einer Bestimmung von ε/μ und v bedarf es mindestens zweier Messungen, z. B. der elektrischen und der magnetischen Ablenkbarkeit. Hierbei ergiebt sich jedoch die Schwierigkeit, dass die Strahlung inhomogen ist, so dass ein irgendwie abgegrenztes Bündel durch die Ablenkung in ein „Spektrum" auseinandergezerrt wird. Da das „Spektrum" kontinuierlich ist, so kann man unmöglich bei zwei getrennten Beobachtungen die einander zugehörigen Teile mit der nötigen Exaktheit bestimmen. Der von Becquerel angewandte Kunstgriff, durch auswählende Absorption das Spektrum an einer Seite scharf zu begrenzen, lässt nur für eine einzige Strahlenart die Ablenkung bestimmen. Eine weitere Schwierigkeit ist die durch die Strahlen hervorgerufene Leitfähigkeit der Luft. Hierdurch wird das etwa zwischen zwei Kondensatorplatten hergestellte elektrische Feld stets in unkontrollierbarer Weise verkleinert.

Beide Schwierigkeiten lassen sich auf folgende Weise leicht umgehen:

Der ganze Apparat befindet sich in einem hochgradigen Vakuum, so dass eine Leitung zwischen den beiden Kondensatorplatten ausgeschlossen ist; von der Güte der Isolation kann man sich leicht jederzeit überzeugen.

Für die Ablenkungsbeobachtungen diente eine Methode, die man als Methode der „gekreuzten Spektra" (analog der Kundtschen Anordnung bei der Bestimmung der anomalen Dispersion) bezeichnen kann. Von einer punktförmigen Strahlungsquelle (ein etwa 0,5 mm langes Körnchen stärksten Radiumbromides, von Herrn Dr. Giesel freundlichst zur Verfügung gestellt) fallen die Strahlen durch ein Platindiaphragma von gleichfalls 0,5 mm Bohrung auf eine photographische Platte. Die Abstände zwischen Strahlungsquelle und Diaphragma sowie zwischen Diaphragma und Platte betrugen je 2 cm. Auf dem ersten Teil des Weges passierten die Strahlen zwischen zwei Kondensatorplatten von etwa 2 mm Abstand, die durch eine Hochspannungsbatterie auf etwa 2000 Volt Spannungsdifferenz gehalten wurden. Der ganze Apparat befand sich im annähernd homogenen Felde eines Elektromagneten, und zwar so, dass die magnetische und elektrische Feldrichtung zusammenfiel, die Ablenkungen also aufeinander senkrecht standen. Es entstand infolgedessen auf der Platte nach zweitägiger Exposition eine Kurve, von der jeder Punkt nur einer ganz bestimmten Strahlenart entsprach. Ist y die elektrische, z die magnetische Ablenkung, so ist, wie leicht zu sehen z^2/y proportional ε/μ und z/y proportional v. Durch Umkehrung des elektrischen Feldes konnten die y-Werte verdoppelt werden; natürlich war dann auch eine 4tägige Exposition nötig. Ist demnach ε/μ konstant und nur v variabel, so muss die photographische Kurve eine Parabel sein; ist dagegen v nahe der Lichtgeschwindigkeit, wo nach der Theorie ε/μ sehr stark variieren muss, so ist eher eine gerade Linie zu erwarten. Die bisherigen Versuche ergaben nahezu gerade Linien, doch liess die Schärfe noch zu wünschen übrig, so dass exakte Messungen noch fehlen. Die definitiven Versuche, bei denen wahrscheinlich ein viel stärkeres elektrisches Feld wird angewandt werden müssen, sollen später in den Nachrichten d. Gött. G. d. W. mitgeteilt werden.

Göttingen, 26. Juni 1901.

(Eingegangen 28. Juni 1901.)

Die Geschwindigkeit der Ionen, welche in Gasen durch Röntgenstrahlen hervorgerufen werden.

Von John Zeleny.[1])

Die Summe der Geschwindigkeiten, mit welchen sich die positiven und negativen Ionen bewegen, welche durch Röntgenstrahlen in einem elektrischen Einheitsfeld erzeugt werden, wurde bereits von E. Rutherford nach einer indirekten Methode ermittelt.[2]) In den im folgenden beschriebenen Experimenten wurde die Geschwindigkeit in verschiedenen Gasen für die positiven und negativen Ionen gesondert bestimmt, indem die Ionengeschwindigkeit direkt mit jener eines Gasstromes verglichen wurde. Das Gas strömte durch den Raum zwischen zwei konzentrischen Cylindern, welche auf verschiedenem Potential gehalten wurden. Indem ein schmales Bündel von Röntgenstrahlen quer durch die Cylinder unter rechtem Winkel zu ihrer Längsrichtung geleitet wurde, wurde eine dünne Schicht von ionisiertem Gas erzeugt. Infolge des elektrischen Feldes zwischen den beiden Cylindern erhielten die Ionen einen Bewegungsantrieb, radial zu, oder von der Achse der Cylinder weg, während sie gleichzeitig durch den Gasstrom den Cylindern entlang bewegt wurden. Von den Ionen dieser Schicht, welche nach innen wanderten, wurden jene, die von der inneren Fläche des äusseren Cylinders ausgingen, eine Strecke X durch den Gasstrom fortgetragen, ehe sie die Oberfläche des inneren Cylinders erreichten. Diese Entfernung X ist direkt proportional mit der mittleren Geschwindigkeit des Gasstromes und umgekehrt proportional der Potentialdifferenz zwischen den beiden Cylindern. Um die Potentialdifferenz zu erhalten, welche notwendig ist, um die Ionen eine bestimmte Strecke weit infolge des Gasstromes wandern zu lassen, war der innere Cylinder in einiger Entfernung von der Durchstrahlungsstelle in zwei voneinander isolierte Teile zerteilt. Jener von diesen beiden Teilen, welcher von den Strahlen nicht durchsetzt wurde, war mit einem Quadrantenpaar eines Elektrometers verbunden, so dass man das Eintreffen von Ionen an jener Stelle konstatieren konnte. Durch eine Reihe von Ablesungen wurden die Ladungen ermittelt, welche das Elektrometer in einer bestimmten Zeit bei verschiedenen Werten des Potentiales des äusseren Cylinders erfuhr. Hieraus konnte jener Wert dieses Potentiales ermittelt werden, unter dessen Einfluss die von der äusseren Grenze der ionisierten Schicht ausgehenden Ionen gerade im stande waren, die Verbindungsstelle in dem inneren Cylinder zu erreichen. Die Ionengeschwindig-

---

1) Ausführlich in Phil. Trans. Roy. Soc. London, **195**, 193—234, 1900.

2) E. Rutherford, Phil. Mag. November 1897.

keit in einem elektrischen Einheitsfeld ist durch die Gleichung gegeben

$$v = \frac{U(b^2 - a^2)}{2AX} \log(nat) \frac{b}{a},$$

wo U die mittlere Geschwindigkeit des Gasstromes zwischen den Cylindern,
b den inneren Radius des äusseren Cylinders,
a den äusseren Radius des inneren Cylinders,
A das Potential des äusseren Cylinders, welches der oben definierten Entfernung X entspricht, bedeuten.

Um zu vermeiden, dass an der Durchstrahlungsstelle in dem Gase Wirbel auftreten, wurde eine genügend kleine Geschwindigkeit in Anwendung gebracht, und ferner wurde das Gas erst eine längere Strecke weit durch den Cylinder geführt, um seine Bewegung gleichförmig zu machen.

Der störende Einfluss auf das elektrische Feld zwischen den Cylindern, welcher durch die freien Ladungen hervorgerufen wird, die sich in dem Gase während der Leitung ausbilden, wurde durch Anwendung von Strahlen geringer Intensität möglichst weit herabgesetzt. Auf dieselbe Weise wurde das Potentialgefälle an den Elektroden[1]) verringert. Um die Ionisation infolge der Sekundärstrahlen, die von den Metalloberflächen[2]) ausgehen, zu verkleinern, wurden die Cylinder aus Aluminium hergestellt, da für dieses Metall der Effekt ein nur geringer ist.

Die Ausbreitung der Ionen infolge von Diffusion ruft einen Fehler hervor, dessen Grösse mit der Zeit zunimmt, in welcher die Ionen den Zwischenraum zwischen den Cylindern durchwandern. Die Grösse dieser Zeit bestimmt sich aus der Gleichung $T = X/U$, wo X und U die gleiche Bedeutung haben, wie oben.

Die durch das Experiment ermittelten Werte der Geschwindigkeit nahmen mit zunehmendem T ab und der für $T = 0$ folgende Wert konnte aus einer Reihe von Beobachtungen mit verschiedenen Werten von T ermittelt werden. Da in diesem Falle der Einfluss der Diffusion und ähnlicher Ursachen fortfällt, so konnte der hieraus ermittelte Wert als der wirkliche Wert der Ionengeschwindigkeit angesehen werden.

Um die Genauigkeit der Methode zu prüfen, wurden verschiedene Werte von U und X verwendet, und ausserdem die Intensität der Strahlen, der Durchmesser des inneren Cylinders und das Metall, welches die innere Oberfläche des äusseren Cylinders bildete, variiert. Die Versuche wurden sowohl mit trockenen als mit von Wasserdampf gesättigten Gasen angestellt, da sich in diesen beiden Fällen Verschiedenheiten ergaben, in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von J. S. Townsend[1]) über den Einfluss von Feuchtigkeit auf die Diffusionskoeffizienten der Ionen. Die folgende Tabelle giebt das Hauptresultat der Beobachtungen wieder, und zwar sind dieselben auf 76 cm Quecksilber reduziert; eine Temperaturkorrektion ist nicht angebracht, da der Einfluss der Temperatur nicht genauer untersucht wurde.

Ionengeschwindigkeiten.

Gas	Geschwindigkeit in cm pro Sekunde in einem Felde von 1 Volt pro cm		Geschwindigkeit in cm pro Sekunde in einem Felde von 1 E S E. pro cm		Verhältnis negat. / positiv	Temperatur
	positiv	negat.	positiv	negat.		
Luft, trocken . . .	1.36	1.87	408	561	1.375	13.5°
„ feucht	1.37	1.51	411	453	1.100	14.0°
Sauerstoff, trocken .	1.36	1.80	408	540	1.320	17.0
„ feucht . .	1.29	1.52	387	436	1.180	16.0°
CO_2, trocken . . .	0.76	1.81	228	243	1.070	17.5°
„ feucht, . . .	0.82	0.75	246	225	0.915	17.0°
Wasserstoff, trocken .	6.70	7.95	2010	2385	1.190	20.0°
„ feucht .	5.30	5.60	1590	1680	1.050	20.0°

Der Fehler beträgt wohl in keinem Fall mehr als 5 Proz., während die meisten Beobachtungen auf eine viel grössere Genauigkeit schliessen lassen. Die Gegenwart von Wasserdampf vermindert nach den Beobachtungen stets die Geschwindigkeit der negativen Ionen, während sie in Kohlensäure die der positiven in ausgesprochener Weise erhöht. Die Geschwindigkeit der negativen Ionen ist mit Ausnahme feuchter Kohlensäure in allen Fällen die grössere. Die Verhältnisse der Geschwindigkeiten, welche von dem Verfasser[2]) früher schon bestimmt wurden, lagen zwischen den oben angegebenen Werten für trockene und feuchte Gase, was verständlich ist, nachdem der Einfluss der Feuchtigkeit damals noch unbekannt war, und die Gase nicht eigens getrocknet worden waren.

E. Rutherford[3]) giebt nicht an, ob er bei Bestimmung der Summe der Geschwindigkeiten von Ionen röntgenisierter Gase trockene Gase verwendete. Sein Resultat für Luft (3,2 cm pro Sekunde) stimmt mit der Summe der Einzelwerte, welche oben für die Ionen in trockener Luft angegeben sind, überein, während seine Werte für Sauerstoff (2,8 cm pro Sekunde) und Wasserstoff (10,4 cm pro Sekunde) den Werten für feuchte Gase entsprechen. Sein Wert für Kohlensäure (2,15 cm pro Sekunde) ist grösser als alle von mir ermittelten. Der E. Rutherfordsche[4]) Wert für die Geschwindigkeit der negativen Ionen, welche unter Einfluss ultravioletten Lichtes in trockener Kohlensäure

1) J. Zeleny, Camb. Phil. Soc. Proc. **10**, Part I, 17.
2) J. Perrin, Comptes Rendus **124**, 455.

1) J. S. Townsend, Phil. Trans. A. **193**, 1899. Vgl. auch diese Zeitschrift **1**, 313, 1900.
2) J. Zeleny, Phil. Mag. Juli 1898.
3) E. Rutherford, Phil. Mag. November 1897.
4) E. Rutherford, Camb. Phil. Soc. Proc. **9**, Part VIII.

(0,78 cm pro Sekunde) hervorgerufen werden, liegt sehr nahe bei dem von mir für die Ionen in röntgenisierter Kohlensäure (0,81 cm pro Sekunde) gefundenen, dagegen sind seine Werte für trockene Luft (1,4 cm pro Sekunde) und trockenen Wasserstoff (3,9 cm pro Sekunde) beträchtlich kleiner.

Im Falle der Spitzenentladungen erhielt A. P. Chattock[1]) für die Geschwindigkeiten der positiven und negativen Ionen in trockener Luft, bezw. 413 und 540 cm pro Sekunde für ein Feld von 1 E. S. E. pro Centimeter. Also Werte, welche mit den oben erhaltenen in röntgenisierten Gasen sehr nahe übereinstimmen.

J. S. Townsend[2]) hat gezeigt, dass sich auf Grundlage der Diffusionskoeffizienten der Ionen und ihrer Geschwindigkeiten ein Vergleich bezüglich der Ladungen der verschiedenen Ionen und jener, welche die Ionen in der Elektrolyse von Flüssigkeiten tragen, ziehen lässt. Verwendet man die oben angegebenen Geschwindigkeiten und die von J. S. Townsend gemessenen Diffusionskoeffizienten, so erhält man den Wert von $N \times e$, wo N die Anzahl der Moleküle in einem Kubikcentimeter Gas und e die Ladung eines einzelnen Ions bedeutet. Die auf diese Weise sich ergebenden Werte für die feuchten Gase, Luft, Sauerstoff und Wasserstoff rechtfertigen vielleicht die Behauptung, dass die Ladungen der positiven und negativen Ionen gleich sind, dass die Ladung für die verschiedenen Gase dieselbe und gleich der Ladung des Wasserstoffions in flüssigen Elektrolyten ist.

Die Werte von $N \times e$, welche sich für die positiven Ionen in den trockenen Gasen ergeben, sind erheblich grösser, als die genannten, während in Kohlensäure sich sämtliche Werte um mehr 20 Proz. kleiner herausstellen.

Minneapolis, Universität von Minnesota.

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. Fischer, München.)

(Eingegangen 29. Juni 1901.)

1) A. P. Chattock, Phil. Mag. November 1899.

2) J. S. Townsend, Phil. Trans. A. **193**, 1899. Vgl. auch diese Zeitschrift **1**, 313, 1900.

VORTRÄGE UND REDEN.

Prinzipien für die Beurteilung der Wirksamkeit von Seismographen.

Von E. Wiechert.

(Fortsetzung und Schluss.)

Die Indikatorgleichung erlaubt die Erdbewegung zu berechnen, wenn das Indikatordiagramm vorliegt. Dabei ist es wichtig, dass bei den Erdbeben fast stets längere Reihen regelmässiger Wellen beobachtet werden, die einzeln oder in verschiedenen Perioden übereinander gelagert auftreten, denn für solche regelmässige Schwingungen gestaltet sich der Zusammenhang zwischen der Amplitude der Erdbewegungen und derjenigen des Indikators sehr einfach. Es wird nach der hingeschriebenen Gleichung die Amplitude der Erdbewegung im Indikatordiagramm

$$\mathfrak{V} = -V \frac{1}{1 - \frac{\mathfrak{T}^2}{T^2}} = \mathfrak{J} \frac{(2\pi)^2}{g} \frac{1}{1 - \frac{T^2}{\mathfrak{T}^2}} \frac{1}{\mathfrak{T}^2}$$

mal vergrössert dargestellt, wenn $\mathfrak{T}$ die Störungsperiode bezeichnet.

Für sehr kurze Störungsperioden, wenn $\mathfrak{T}$ sehr klein gegenüber T ist, wird die Vergrösserung $= V$; für sehr grosse Störungsperioden, wenn $\mathfrak{T}$ sehr gross gegenüber T ist, wird die Vergrösserung proportional mit $\mathfrak{J}$ und umgekehrt proportional mit $\mathfrak{T}^2$. Gehen wir von sehr kleinen zu immer grösseren Perioden, so wächst die Vergrösserung von dem Werte V ab immer weiter an, bis sie schliesslich für $\mathfrak{T} = T$ unendlich gross wird. Von $\mathfrak{T} = T$ ab sinkt sie beständig herab, um zuletzt $= 0$ zu werden. — Die unendlich grosse Empfindlichkeit besteht natürlich nur für die Theorie; in Wirklichkeit wird das Pendel an die Hemmung schlagen oder eine gewisse durch die stets vorhandenen Reibungswiderstände bedingte Grenzamplitude erreichen.

Von der sehr erhöhten Empfindlichkeit für Perioden, welche der Eigenperiode benachbart sind, wird in Italien vielfach bewusst Gebrauch gemacht. Man hängt z. B. ganze Reihen verschieden langer Pendel auf, von denen jedes mit elektrischen Kontakten umgeben ist. Bei einem Erdbeben treten dann stets Perioden auf, welche der Eigenperiode eines Pendels nahe kommen, so dass noch Erdbeben angezeigt werden, welche wegen ihrer Kleinheit sonst der Beobachtung entgangen wären. Unbewusst, oder doch nicht ausdrücklich anerkannt, wird die erhöhte Empfindlichkeit in der Nachbarschaft der Eigenperiode für die Beobachtung der Fernerdbeben benutzt bei den seismischen Pendeln von Rebeur v. Paschwitz, Milne, Ehlert und anderen, indem die Eigenperiode in denjenigen Bereich (10—20 Sekunden) gelegt wird, welches erfahrungsgemäss die Hauptwellen meist umfasst.

Für die Verwertung der seismischen Dia-

gramme bereitet die auswählende Empfindlichkeit eine erhebliche Schwierigkeit, weil ihretwegen selbst gleichkonstruierte Instrumente schon bei geringfügig anderer Regulierung stark verschieden aussehende Diagramme liefern. Über diesen Punkt hat Herr Dr. Hecker sehr interessante Beobachtungen veröffentlicht. Etwas günstiger wird die Sachlage, wenn man eine so grosse Geschwindigkeit der Registrierung anwendet, dass es möglich ist, die einzelnen Schwingungen voneinander zu trennen, denn dann kann die Rechnung zu Hilfe genommen werden. Es bleibt aber auch so die sehr böse Unannehmlichkeit, dass bei jeder neuen Phase des Erdbebens von neuem Eigenschwingungen erregt werden, welche sehr lange anhalten und die späteren Aufzeichnungen verwirren.

Eine Besserung in dieser Hinsicht lässt sich bei Zuhilfenahme von Reibungswiderständen erzielen. Die gewöhnliche Reibung fester Körper ist allerdings unzweckmässig, weil sie unregelmässig wirkt, kleine Störungen ganz unterdrückt, und die Nachwirkung grosser zu langsam beseitigt. Die innere Reibung tropfbarer oder gasförmiger Flüssigkeiten aber entspricht unseren Anforderungen vortrefflich. Eine Dämpfung dieser Art beeinflusst grosse und kleine Störungen relativ in gleichem Masse und beseitigt die Nachwirkung aller Störungen relativ mit gleicher Geschwindigkeit. Die Empfindlichkeit für sehr kurze und sehr lange Perioden wird nicht geändert, diejenige für mittlere Perioden herabgesetzt. Am günstigsten wird die Einwirkung, wenn man das Dämpfungsverhältnis — d. h. das Verhältnis einer grössten Ausweichung bei den Eigenschwingungen des in Bewegung gesetzten und dann sich selbst überlassenen Gehänges zur nächsten grössten Ausweichung auf der anderen Seite der Ruhelage — zwischen 3 : 1 und 6 : 1 wählt, denn dann machen sich die Eigenschwingungen wegen ihrer schnellen Beseitigung nicht mehr unbequem bemerkbar und wird die ohne Dämpfung überwiegende Empfindlichkeit für mittlere Perioden so weit reduziert, dass von sehr kleinen Perioden an bis etwas über die Eigenperiode hinaus nahezu die gleiche Empfindlichkeit hervorgeht. Für noch grössere Perioden kommt die Abnahme der Empfindlichkeit zur Geltung, welche auch ohne Dämpfung eintreten würde[1]).

Dämpfung mittels tropfbarer Flüssigkeiten hat den Nachteil, dass sie stark von der Temperatur abhängt und wegen der leichten Verschmutzung von Flüssigkeitsoberflächen Störungen ausgesetzt ist. Die Gasdämpfung und zwar die gewöhnliche Luftdämpfung ist daher mehr zu empfehlen. Sie lässt sich auch bei der mechanischen Registrierung, wo zur Überwindung der Reibung des Schreibstiftes grosse Pendelmassen angewandt werden müssen, leicht in hinreichender Intensität erzielen.

Die Indikatorgleichung wird infolge der Dämpfung umgewandelt in:

$$\frac{d^2 a}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 a - \frac{2}{\tau}\frac{da}{dt} - V\left(\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \Delta g\right)$$

d. h. es tritt rechts ein Glied $-(2/\tau)(da/dt)$ hinzu; τ bedeutet eine von der Intensität der Dämpfung abhängige Konstante, die „Relaxationszeit"; es ist diejenige Zeit, in der die Amplitude der Eigenschwingungen und damit die der Nachwirkung früherer Störungen auf den 2,71828 ... ten Teil ihres Wertes herabsinkt. T stellt hier nicht mehr die wirkliche Schwingungsperiode dar, sondern in genauer Übereinstimmung mit den früheren Festsetzungen diejenige Schwingungsperiode, welche sich bei Ausschaltung der Dämpfung ergeben würde. Ich werde T weiterhin die „reduzierte Schwingungsperiode" nennen. Die wirkliche Schwingungsperiode ist infolge der Dämpfung grösser als T, aber nur wenig, solange die Dämpfung nicht unpraktisch gross wird[1]).

Wie ich hier ziemlich weit in Einzelheiten eingegangen bin, wird es sich empfehlen, nun auch den zweiten Umstand näher zu besprechen, welcher für die Lesbarkeit der Diagramme in Betracht kommt, die Geschwindigkeit der Registrierung.

Bei photographischer Registrierung ist man wegen der wachsenden Kosten in der Steigerung der Geschwindigkeit bald beschränkt. 36 Centimeter in einer Stunde, also $^1/_{10}$ Millimeter in einer Sekunde, wie auf diesen Diagrammen eines Horizontalpendels, über das ich im Jahre 1899 durch den Druck[2]) und auch mündlich auf dem Geographenkongress in Berlin berichtet habe, ist noch bequem erreichbar, denn die Kosten des Papiers für eine Komponente lassen sich auf etwa 100 Mark im Jahre herabbringen. Die Kurven hier sind etwa $^1/_{10}$ Millimeter dick und zeigen noch Andeutungen einer Auflösung von 3-Sekunden-Perioden; unter günstigen Umständen werden sogar noch schnellere Schwingungen voneinander getrennt. Für Fernerdbeben, wo lange Perioden vorherrschen, erhält man sehr schöne detailreiche Diagramme. Ein einziger, allerdings empfindlicher Mangel bleibt bestehen: die Perioden von 2 Sekunden und darunter, d. h. gerade

1) Nähere Angaben werden in der weiter folgenden Zusammenstellung gemacht.

1) Nähere Angaben werden in der weiter folgenden Zusammenstellung gemacht.

2) Nachrichten der Göttinger Gesellschaft der Wiss., math.-phys. Kl. 1899, S. 195.

diejenigen, welche den fühlbaren Erschütterungen bei Erdbeben entsprechen und darum besonders interessant sind, werden in der Regel nicht aufgelöst, so dass man nur ausnahmsweise ein Urteil über ihre Länge erhält. Eine gründliche Besserung scheint wegen der damit verbundenen Kosten ziemlich aussichtslos.

Bei der mechanischen Registrierung finden wir keine Schwierigkeiten dieser Art. Die Wohlfeilheit des Verfahrens erlaubt die Anwendung jeder zweckmässig scheinenden Geschwindigkeit und die sehr viel feineren Kurven ermöglichen schon bei gleicher Geschwindigkeit eine bedeutend weitergehende Auflösung. Ich benutze die auch sonst vielfach übliche Geschwindigkeit von 90 Centimeter in 1 Stunde oder $^1/_4$ Millimeter in einer Sekunde, wobei Perioden von $^1/_5$ Sekunde noch deutlich hervortreten. Beobachtet muss werden, dass eine Vergrösserung der Zeitskala bei gleichbleibender Empfindlichkeit das Auffinden schwacher seismischer Störungen in den Diagrammen erschwert. Es kommt dabei nicht nur die grössere Ausdehnung der zu überblickenden Kurven, sondern auch sehr merklich der Umstand in Betracht, dass Wellenlinien durch Streckung unauffälliger werden. Bei Vergrösserung der Zeitskala muss daher auch nach einer Vergrösserung der Empfindlichkeit gestrebt werden.

In dieser Hinsicht wiederum bietet die mechanische Registrierung grössere Schwierigkeiten als die photographische, weil die Reibung des Schreibstiftes beim Zeichnen des Diagrammes und ein Mechanismus zum Bewegen des Schreibstiftes hinzukommen.

Der Reibungswiderstand des Schreibstiftes kann bei Anwendung von berusstem Papier auf etwa $^1/_2$ Milligramm herabgedrückt werden, aber auch dann wirkt er noch störend, wenn die Pendelmasse nicht gross genug gewählt wird. Als Regel darf im allgemeinen gelten, dass die Pendelmasse proportional mit dem Quadrat der Indikatorvergrösserung V, also der Vergrösserung sehr schneller Erschütterungen zu nehmen ist. Vicentini benutzt bei 160 facher Vergrösserung eine Pendelmasse von 400 Kilogramm, ich wählte das noch etwas günstigere Verhältnis von 200 facher Vergrösserung bei 1000 Kilogramm, entsprechend 100 facher Vergrösserung bei 250 Kilogramm und 10 facher Vergrösserung bei 2,5 Kilogramm. Bei sorgfältiger Behandlung des Schreibstiftes macht sich die Reibung in diesen Fällen nur noch wenig und nicht mehr störend bemerkbar. Wie sich ihr Einfluss im einzelnen gestaltet, hängt in ziemlich komplizierter Weise von der Regulierung des Apparates und der Registriergeschwindigkeit ab; man kann hierin einen weiteren Anlass erblicken, den Einfluss durch Wahl einer möglichst grossen Pendelmasse thunlichst herabzudrücken.

Reibung im Gehänge und todter Gang würden die Aufzeichnungen noch mehr schädigen als die Reibung am Schreibstift, und müssen daher durch sorgfältige Konstruktion strenge unter der Grenze des Bemerkbaren gehalten werden. Dass dieses möglich ist, auch wenn man die äusserste bisher benutzte Empfindlichkeit und kompendiöse Form des Apparates verlangt, glaube ich durch den Bau meines astatischen Pendels bewiesen zu haben. Die Höhe des Apparates beträgt nur 2 Meter und könnte noch weiter herabgesetzt werden.

An den Schluss meiner theoretischen Ausführungen über die Wirksamkeit der seismischen Apparate gelangt, will ich zurückblickend eine kurze Übersicht über die wesentlichsten Resultate geben[1]).

Wenn von ungewöhnlichen Konstruktionen abgesehen wird, die für die Praxis nur ausnahmsweise in Betracht kommen, entspricht die Wirksamkeit eines Seismographen beliebiger Art der eines einfachen Pendelseismographen und kann durch die folgenden Daten charakterisiert werden:

1. Die reduzierte Schwingungsperiode T, d. h. die Schwingungsperiode bei ausgeschalteter Dämpfung, bezüglich die äquivalente Pendellänge L, verbunden durch die Beziehung $(2\pi/T)^2 = g/L$.

2. Das Dämpfungsverhältnis $\varepsilon:1$, bezüglich die Relaxationszeit τ. Zwischen der wirklichen Schwingungsperiode T^*, der reduzierten Schwingungsperiode T, ε und τ bestehen die Beziehungen:

$$T^*/2\tau = log\,nat\,\varepsilon,$$

$$T = T^* / \sqrt{1 + \left(\frac{T^*}{2\pi\tau}\right)^2};$$

diese erlauben die Berechnung von τ, T (und L), wenn T^* und ε beobachtet sind. Es mag bemerkt werden, dass zu:

$\varepsilon : 1 = 3:1,\ 4:1,\ 5:1,\ 6:1$

gehört: $T^*/T =$ 1,059, 1,093, 1,124, 1,151,

und: $T/2\pi\tau =$ 0,330, 0,404, 0,456, 0,495.

3. Die Indikatorvergrösserung V und die äquivalente Indikatorlänge J, untereinander und mit L verbunden durch die Beziehung $J = VL$.

4. Die Registriergeschwindigkeit.

V giebt die Vergrösserung sehr schneller Erschütterungen an; J/206000 bezeichnet bei Horizontalseismographen den Ausschlag für eine Bogensekunde Neigung, bei Vertikalseis-

1) Die folgenden Angaben sind etwas vollständiger, als im Vortrag; insbesondere wurden Formeln hinzugefügt.

mographen den Ausschlag für eine Verminderung der Schwere um den 206000sten Teil ihres Wertes.

Bei periodischen Schwingungen des Erdbodens ist die Vergrösserung der Amplitude der Bodenbewegung im Diagramm

$$\mathfrak{V} = V \sqrt{\left(1 - \left(\frac{\mathfrak{T}}{T}\right)^2\right)^2 + 4\left(\frac{T}{2\pi\tau}\right)^2\left(\frac{\mathfrak{T}}{T}\right)^2},$$

wobei $\mathfrak{T}$ die Störungsperiode bezeichnet. Das Dämpfungsverhältnis wählt man zweckmässig zwischen 3 : 1 und 6 : 1, etwa = 4 : 1. Dann ist für Perioden T bis etwas über T hinaus die Vergrösserung $\mathfrak{V}$ nicht viel von V verschieden; für noch grössere Perioden sinkt sie mehr und mehr herab, sich immer genauer dem Werte $VT^2/\mathfrak{T} = \mathfrak{J}(2\pi)^2/g\mathfrak{T}^2$ anschmiegend.

Die Indikatorgleichung, d. h. die Gleichung, welche den Indikatorausschlag mit dem Verlauf der Störungen verbindet, lautet in einer für die gewöhnliche Praxis genügenden Annäherung:

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 a - \frac{2}{\tau}\frac{da}{dt} - V\left(\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \triangle g\right)$$

oder:

$$\frac{d^2a}{dt^2} = -\frac{g}{L}a - \frac{2}{\tau}\frac{da}{dt} - \frac{\mathfrak{J}}{L}\left(\frac{d^2\xi}{dt^2} - gi - \triangle g\right)$$

a bedeutet den Indikatorausschlag, ξ bei Horizontalseismographen die Horizontalverschiebung, bei Vertikalseismographen die Vertikalverschiebung, i die Neigung, $\triangle g$ die Schwereänderung. Bei Vertikalseismographen ist das i enthaltende Glied fortzulassen.

Ich bitte, mir nun noch zu erlauben, in wenigen Worten einige Bemerkungen hinzuzufügen, welche sich auf die ausgestellten Diagramme beziehen und das Gesagte illustrieren sollen.

Von den beiden Diagrammen hier ist das eine durch mein Horizontalpendel photographisch, das andere durch mein astatisches Pendel mechanisch aufgezeichnet worden; beide beziehen sich auf dasselbe Erdbeben (21. Juni 1900). Das Horizontalpendel stand in einem Keller, das astatische Pendel in einem oberirdischen Saal der Sternwarte in Göttingen. So haben wir denn hier neben völlig verschiedener Konstruktion der Apparate auch wesentlich verschiedene Aufstellung. Dennoch stimmen, wie Sie sich leicht überzeugen können, die beiden Bilder Phase für Phase überein. Jeden Einsatz und jeden Wellenzug werden Sie in beiden Bildern in gleicher Weise wiederfinden. Dieses schöne Resultat ist in erster Linie eine Wirkung der Dämpfung, welche in beiden Fällen die verwirrenden Eigenschwingungen des Apparates beseitigt hat. Tritt so ihre Bedeutung anschaulich hervor, so zeigt sich zugleich auch auf das deutlichste, dass es bei ihrer Anwendung und bei Lesbarkeit der Diagramme auf die besondere Konstruktion der Seismographen nicht weiter ankommt.

Nun bitte ich, Ihre Aufmerksamkeit auch auf diese beiden Diagramme des photographierenden Horizontalpendels zu lenken; das eine zeigt ein Erdbeben vom 27. September 1899, das andere eines vom 15. Januar 1900. Gleich anfänglich ist mir bei dem Studium der Diagramme aufgefallen, dass Bilder verschiedener Erdbeben in manchen Fällen einander sehr ähnlich waren. Ich habe darüber schon 1899 in meiner ersten Publikation und auf dem Berliner Geographenkongress berichtet. Das bei weitem auffälligste bisher gewonnene Beispiel bieten die beiden Diagramme in meinen Händen; hier ist die Übereinstimmung in allen Einzelheiten so gross, dass das eine Diagramm als eine nicht ganz getreue Kopie des anderen erscheint. Offenbar haben wir es in diesen und ähnlichen Fällen mit Erdbeben zu thun, die an nahe dem gleichen Ort der Erde und in nahe gleicher Weise auftraten. Dass dieses durch Vergleich der Diagramme erkannt werden kann, ist an sich schon von einigem Interesse, bei weitem wichtiger aber ist, dass die genaue Übereinstimmung in den Einzelheiten es ganz unmöglich macht, ihre Entstehung zufälligen Unregelmässigkeiten in der Auslösung der Erdbewegungen zuzuschreiben; wir müssen vielmehr unbedingt schliessen, dass die Auslösung in verhältnismässig einfacher Art vor sich geht und die Eigentümlichkeiten der Diagramme in den Eigentümlichkeiten der Lagerung der Erdschichten am Erdbebenherde und in den von den Erdbebenwellen durchlaufenden Gebieten ihre Ursache finden. So gewinnt denn sogar das scheinbar Unregelmässige in den Erdbebendiagrammen Bedeutung, indem wir die Hoffnung hegen können, auch mittels seiner Beobachtung Aufschlüsse über die Tektonik der Erde zu erhalten. Ja, ich möchte glauben, dass wir allen Grund haben, den zukünftigen Enthüllungen gerade in dieser Hinsicht mit besonderer Aufmerksamkeit entgegen zu sehen.

Gewissermassen ein Gegenstück zu dem Gesagten ist die Bemerkung, welche schon oftmals gemacht wurde, und welche auch ich in einzelnen Fällen bestätigen konnte, dass Erdbeben, die nachweislich nahezu am selben Orte stattfinden, dennoch in der Regel sehr verschiedene Diagramme ergeben. Hier ist offenbar die Art der Auslösung verschieden, indem z. B die Verschiebungsfläche der Erdschichten anders orientiert ist, oder mehr oder weniger tief in das Innere der Erde eindringt. Es ist eine wichtige Aufgabe der Seismik diesen Beziehungen nachzuspüren.

In der sich an den Vortrag schliessenden Diskussion machte Herr Dr. Hecker darauf aufmerksam, dass bei der Aufzeichnung periodischer Störungen die Kurve im Diagramm der Phase nach im allgemeinen nicht mit der Störung übereinstimmt, sondern je nach der Periode und der Dämpfung variiert. Der Vortragende bestätigte dieses, wegen genauerer Einzelheiten auf die ausführlichere Arbeit hinweisend.

Auf eine Anfrage in Bezug auf das bei der mechanischen Registrierung benutzte Papier bemerkte der Vortragende folgendes. Zunächst wandte er das bei den seismischen Registrierungen in Russ allgemein übliche Glanzpapier an. Da sich hierbei die fixierten Diagramme als sehr unhaltbar erwiesen, wurde in physiologischen Instituten Rat eingeholt, wo die Russregistrierung ebenfalls vielfach verwendet wird. Herr Professor v. Frey in Würzburg gab in dankenswerter Weise ausführliche Auskunft. Er teilte mit, dass gewöhnliches Schreibpapier dem Glanzpapier vorzuziehen ist, weil es viel haltbarere Bilder liefert. Darauf hin hat der Vortragende den Reibungswiderstand des Schreibstiftes auf Glanzpapier und Schreibpapier genau verglichen, da für die Seismik hier die Entscheidung zu suchen ist. Es ergab sich das sehr überraschende Resultat, dass die Reibung auf Schreibpapier gar nicht merklich anders ist als auf Glanzpapier. Seitdem verwendet er für seismische Russdiagramme nur noch gewöhnliches, dünnes Briefpapier.

(Eingegangen 18. Juni 1901.)

REFERATE.

Wissenschaftl. Photographie.

Besorgt von Privatdozent Dr. E. Englisch.

Neuer illustrierter Katalog über photographische Objektive von Carl Zeiss, Optische Werkstätte in Jena.

Dieser neue Katalog der Jenaer optischen Werkstätte ist eine bemerkenswerte Erscheinung unter den litterarischen Publikationen industrieller Unternehmen. Die rein sachliche und wissenschaftliche Form der Mitteilungen, welche der Katalog enthält, macht, wie es bei einem Institute von der Tendenz der Firma Carl Zeiss nicht anders zu erwarten ist, einen sehr guten Eindruck und dürfte die Interessenten davon überzeugen, dass es sich bei den Erzeugnissen dieser Firma neben den rein merkantilen Zwecken auch um die Förderung der Forschung handelt. Der leichten Verständigung zwischen Käufer und Verkäufer sind, wie das jetzt vielfach geschieht, eine Reihe wohl ausgewählter photographischer Probedarstellungen gewidmet, welche durch eine Heliogravurentafel und mehrere Autotypien zur Anschauung gebracht werden.

Wer mit Verständnis an die Interpretation dieser Bilder herangeht, überblickt mit Leichtigkeit, was man von der einen und anderen Objektivkonstruktion bezüglich ihrer Leistung und Verwendung zu erwarten hat, und es wird nicht schwer fallen, die richtige Wahl unter den zahlreichen Objektivtypen der Firma Zeiss zu treffen.

Zur besseren Orientierung über diese verschiedenen Objektivtypen sind von der Firma die geschützten Namen Protar, Planar und Unar eingeführt worden. Die Protare und Doppelprotare sind die unter das Patent 56109 fallenden und früher mit Anastigmat und Satzanastigmat bezeichneten Objektive. Planar und Unar sind Neueinführungen aus den Jahren 1897 und 1900. Das Unar erscheint zum ersten Male in dem Hauptkatalog der Firma; es scheint berufen zu sein, für die Amateur- und Momentphotographie ganz hervorragende Bedeutung erlangen zu sollen. Über diese Neueinführung und die anderen Neuheiten heisst es im Vorwort des Katalogs auszugsweise:

„Das durch den Nachtrag vom 1. April 1900 zum Katalog vom Jahre 1899 angekündigte Unar ist bemerkenswert durch seine Lichtstärke und seine einfache Konstruktion. Das Objektiv kommt infolge seiner universellen Verwendbarkeit in erster Linie für Handapparate in Betracht, wofür es alle bisher bekannt gewordenen Objektive übertrifft.

Ausser dieser Neueinführung ist es von prinzipieller Bedeutung geworden, dass es infolge Verwendung neuer Glasarten des Jenaer Glaswerks Schott & Genossen gelungen ist, anastigmatisch korrigierte Objektive mit vermindertem sekundären Spektrum herzustellen. Damit dürfte besonders der Reproduktionstechnik ein wichtiger Dienst geleistet worden sein.“

Auch dem Wunsche nach leichten Objektivfassungen ist jetzt von der Jenaer Werkstätte, wie das schon früher von anderer Seite geschehen ist, Rechnung getragen worden, indem in Zukunft zu solchen Fassungen auch eine leichte Aluminium-Legierung verwendet werden wird. Die gewählte Komposition bietet bei einer nicht zu sorglosen Behandlung volle

Garantien einer langen Beständigkeit, sie vermindert das Gewicht des Objektivs sehr erheblich und dürfte daher als Fassung für Objektive zu Handapparaten zu bevorzugen sein.

Der ganze 126 Seiten starke Katalog, von Dr. Rudolph verfasst, macht einen äusserst vornehmen Eindruck und hält sich frei von reklamenhaften Anpreisungen, so dass er sehr wohl als zuverlässiger Ratgeber bei der Auswahl der zu den verschiedenartigsten Zwecken bestimmte photographischen Objektiven eignen dürfte. L. Ambronn.

(Eingegangen 12. Mai 1901.)

BESPRECHUNGEN.

J. J. Thomson, Die Entladung der Elektrizität durch Gase. Aus dem Englischen übersetzt von Dr. P. Ewers. Ergänzt und mit Vorwort versehen von Dr. H. Ebert. gr. 8. VIII u. 144 S. mit 41 Fig. Leipzig, J. A. Barth. 1900. M. 4.50.[1])

Wir leben in einer schnelllebigen Zeit; wenn ein Buch nach Vorlesungen aus dem Jahre 1896 im Jahre 1897 geschrieben, 1900 übersetzt und 1901 besprochen wird, so ist ohne weiteres klar, dass manche Teile desselben nicht mehr dem jetzigen Stande der Kenntnis entsprechen, zumal da ja der Verfasser selbst resp. seine Schüler durch ihre neueren Arbeiten in so hohem Masse dazu beigetragen haben, die Ansichten über den Entladungsvorgang zu modifizieren.

Die Herausgeber der deutschen Auflage haben es in dankenswerter Weise verstanden, durch Nachtragen von Citaten neuerer Arbeiten den Anforderungen der im Laufe der letzten Jahre gewachsenen Erkenntnis gerecht zu werden und dadurch das Buch wieder zeitgemäss zu machen.

Verfasser behandelt nicht das ganze Gebiet der Gasentladungen, sondern greift eine Anzahl Erscheinungsgruppen heraus, die besonders geeignet erscheinen, die Anschauung von der elektrolytischen Natur des Leitungsvorganges zu unterstützen.

Demgemäss werden im ersten Teile die verschiedenen Möglichkeiten besprochen, Gase zu elektrisieren.

Im zweiten Teile folgen die photoelektrischen Erscheinungen, die Elektrisierung in der Nähe heisser Körper, Flammengase, elektrolytische Zerlegung der Gase.

Den dritten Teil endlich bilden die Untersuchungen über Kathodenstrahlen.

Von besonderem Interesse, namentlich für jeden auf diesem Gebiete selbständig thätigen Physiker scheinen Referenten die an verschiedenen Stellen eingefügten, anderweitig noch nicht publizierten Untersuchungen des Verfassers, wenn auch nicht verschwiegen werden darf, dass der Verfasser in seinem Bestreben, alle vorgeführten Erscheinungen auch mittels der elektrolytischen Hypothese zu erklären, manchmal doch wohl etwas zu weit geht. Man kann einer als richtig erkannten Hypothese viel mehr schaden durch voreilige Erklärungsversuche, die einer späteren Prüfung nicht standhalten, als durch das gelegentliche Eingeständnis, dass noch manche Erscheinung in das angenommene Schema nicht hineinpasst.

Kühne Hypothesen als solche haben ihren Wert, namentlich in der Hand eines J. J. Thomson, dem sie stets die Veranlassung zu mächtig fördernden Experimentaluntersuchungen sind; aber in einem Buche, namentlich wenn es für Studierende bestimmt ist, soll man sie als das bezeichnen, was sie sind, als Hypothesen, nicht als sicher erkannte Thatsachen.

Der deutschen Ausgabe ist als besonderer Schluss noch eine durch ihre knappe und klare Darstellung ausgezeichnete Übersicht über die Bedeutung der Elektronentheorie für die Leitung in festen Körpern beigefügt. W. Kaufmann.

(Eingegangen 11. Juni 1901.)

1) Dasselbe ist im Französischen nebst ergänzendem Anhang von L. Barbillion, mit einem Vorwort von Ch. Ed. Guillaume erschienen. (Paris, Gauthier-Villars, 1900. XIV u. 172 S.)

Hermann J. Klein, Jahrbuch der Astronomie und Geophysik. Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten der Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde. XI. Jahrgang, 1900. gr. 8. VIII u. 379 S. mit 5 Tafeln. Leipzig, E. H. Mayer. 1901. M. 7.—.

Das Jahrbuch giebt, wie in den vorherigen Bänden, eine fast vollständige Übersicht über alle im Jahre 1900 veröffentlichten Arbeiten im Gebiete der Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde. Es kann natürlich nur als Lexikon angesehen werden, in welchem man sich in der Litteratur des betreffenden Jahres rasch orientieren kann. Diesem Zwecke des Buches entsprechend ist meistens nur in wenigen Worten das Resultat der Veröffentlichung gegeben, und nur in einzelnen interessanten Fällen ist auf den Gang der Untersuchungen und auf Einzelheiten der Arbeit näher eingegangen. Einige wichtigere Arbeiten mögen auch hier erwähnt werden.

Eine neue Deutung des kontinuierlichen Spektrums der Sonnenkorona hat Professor Scheiner gegeben. Bisher nahm man meistens an, dass das Leuchten der Korona zu stande komme durch Reibung meteorischer Substanzen in der Sonnenatmosphäre in derselben Weise, wie das Aufleuchten von Sternschnuppen und Meteoren in unserer Lufthülle. Da der Widerstand in der Sonnenatmosphäre nicht hinreichend ist (nachgewiesen an Kometen, welche die Korona auf eine lange Strecke durchlaufen haben), und auch aus anderen Gründen hält Scheiner obige Annahme für unmöglich und nimmt an, dass es sich beim Leuchten der Korona um feste oder flüssige Körper handele, die durch direkte Bestrahlung durch die Sonne eventuell bis zu einer Temperatur von 4000^0 erhitzt, das kontinuierliche Spektrum aussenden.

Über das Zodiakallicht hat Professor Max Wolf auf dem Königstuhl bei Heidelberg neue Untersuchungen angestellt. Mit dem von ihm gebauten „Schnittphotometer" macht Wolf photographisch in verschiedenen Richtungen quer durch das Zodiakallicht mehrere Aufnahmen und zwar auf dieselbe Platte. Die aus mehreren Aufnahmen gemachten Untersuchungen über die Lage des Zodiakallichtes und des Gegenscheines stimmen gut unter sich überein. Als Objektiv ist ein Quarzsystem von Zeiss benutzt mit dem ausserordentlich grossen Verhältnisse: Objektivdurchmesser zu Brennweite = 3 : 2.

Sehr grosses Aufsehen erregten die spektroskopischen Untersuchungen von Belopolsky über die Rotationszeit der Venus, über welche bisher zwei sich vollständig widersprechende Annahmen herrschten, und die von Belopolsky zu 24 Stunden angegeben wird. Interessant sind die Untersuchungen Belopolskys deshalb, weil sie zu beweisen scheinen, dass das Dopplersche Prinzip auch auf nicht selbstleuchtende bewegte Körper Anwendung findet, wenn diese durch eine ruhende Lichtquelle beleuchtet werden. (Neueste Arbeit hierüber s. Astrophysical Journal, Januar 1901.)

Die neue Schwarzschildsche Methode, die photographische Helligkeit der Sterne aus der Schwärzung der Sternbildchen bei extrafokalen Aufnahmen zu bestimmen, ist von Schwarzschild selbst mit gutem Erfolge auf die Untersuchung veränderlicher Sterne angewendet worden. Bei dem einen Veränderlichen, η Aquilae, glaubt er durch eine starke von einem Trabanten erzeugte Ebbe und Flut der eventuell mit Eigenschwingung behafteten Sternatmosphäre den Verlauf des Lichtwechsels und auch den Unterschied in der Grösse der optischen und der photographischen Amplitude erklären zu können (Diff. Ebbe-Flut = 3 Erdatmosphären).

Aus vierjährigen Messungen der Bodentemperatur zu Tiflis hat Professor Hann den jährlichen Gang und die Grösse der Schwankungen der Temperatur in verschiedenen Tiefen des Erdbodens abgeleitet. Die Phasenverschiebung beginnt schon bei $^1/_2$ m Tiefe merklich zu werden und beträgt bei 6.5 m Tiefe schon $^1/_2$ Jahr, während die Amplitude von über 70^0 auf 1.5^0 sinkt.

Sehr eingehend bespricht der Herausgeber die Arbeit von Charles Davison über Erdbebengeräusche, diejenige von Dr. Fr. Suess über den Zusammenhang des grossen Lissaboner Erdbebens (1755) mit gleichzeitigen Erscheinungen an den Thermalquellen in Teplitz in Böhmen und die im Auftrage der japanischen Regierung erfolgte Veröffentlichung der Untersuchungen über das grosse japanische Erdbeben vom 31. August 1896. Von Interesse ist auch eine Statistik der Erderschütterungen in Japan, welche sich über die Jahre 416 bis 1867 erstreckt und 1898 Erdbeben aufführt.

Eine Beziehung zwischen der Verteilung der erdmagnetischen Elemente und der Ausbreitung der Ozeane sowie der mittleren Jahrestemperatur der Erdoberfläche glaubt de Tillo gefunden zu haben: einer Halbkugel mit niedriger Temperatur entspricht eine Halbkugel mit grösserer Totalkraft des Erdmagnetismus, und dasselbe gilt für eine Halbkugel mit grösserer Landmasse.

Die Deformation der Erde unter der Last des Inlandeises während der Eiszeit hat M. P. Rudzki unter gewissen Bedingungen zu berechnen gesucht, um die Thatsache zu erklären, dass heute manche Gegenden 300 bis 500 m über dem Meere liegen, welche unzweifelhaft zur Eiszeit unter dem Meeresspiegel lagen. Er nimmt eine mittlere Starrheit der inkompressibeln Erde an, welche etwa dem Stahle gleicht. Bei Eiskappen von 6666 km Durchmesser und 2000 m Dicke sollen derartige Deformationen erreicht werden, besonders wenn auf der Erde nur eine solche Kalotte angenommen wird.

Endlich sei auch noch auf die sehr ausführlich wiedergegebene Arbeit des Herausgebers selbst hingewiesen, in welcher er das bekannte Buch von Professor van Bebber: Wetterprognosen auf mehrere Tage voraus, zum Nutzen der Landwirtschaft, angreift und den praktischen Nutzen einer derartigen Prognose bei dem heutigen Stand der Meteorologie bezweifelt. Diese Stellungnahme des Herausgebers glaubt Referent aber gewiss zurückweisen zu sollen, da selbst für den Fall, dass die Prognosenstellung noch nicht auf einer genügend sicheren Kenntnis der Vorgänge in unserer Atmosphäre beruht, deren Vergleich mit den thatsächlich eingetretenen Witterungserscheinungen doch das sicherste und einzig mögliche Kriterium für die Richtigkeit der Gesetze, nach denen man eine Prognose aufstellen kann, abgiebt; ganz abgesehen davon, dass doch auch heute schon sorgfältig aufge-

stellte Prognosen eine grosse Trefferzahl aufweisen.

Dem Zwecke des vorliegenden Buches würde es wohl entsprechen und diesem selbst als Nachschlagebuch einen erhöhten Wert geben, wenn in einer Fussnote bei jeder zu besprechenden Arbeit auch die in derselben verwendete oder angezogene Litteratur angegeben würde, was wohl ohne grossen Arbeitsaufwand geschehen könnte. B. Meyermann.

(Eingegangen 14. Juni 1901.)

M. Rudolphi, Einführung in das physikalische Praktikum. gr. 8. VIII u. 136 S. mit 43 Figuren. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht. 1900. Preis geb. Mk. 3.20.

Das vorliegende Buch, welches aus einer Vorlesung hervorgegangen ist, die der Verfasser in sechs aufeinander folgenden Semestern gehalten hat, soll denjenigen Praktikanten, die nicht Physiker sind, das Arbeiten im physikalischen Praktikum erleichtern, ihnen das wiederholen, was zum Verständnis der einfachsten Übungen und zur Ausführung alltäglich wiederkehrender Hilfsbeobachtungen unumgänglich notwendig ist. Demgemäss sind nicht einzelne Aufgaben eingehend behandelt worden, wie in dem bekannten Praktikumsbuch von Wiedemann-Ebert, noch ist eine vollständige Übersicht über beinahe alle im Laboratorium vorkommenden Übungen gegeben, wie in dem bekannten Buch von Kohlrausch, sondern es sind nur allgemeine, häufig wiederkehrende Messungen und Hilfsbeobachtungen, wie Längenmessungen, Wägungen und dergleichen besprochen und Apparate beschrieben, deren man zur Lösung der verschiedensten Aufgaben bedarf. Den Zweck, den Anfänger in das praktische Arbeiten einzuführen, erfüllt das Buch sehr gut; die einzelnen Abschnitte sind klar und leicht verständlich geschrieben, trotz der Beschränkung, welche sich der Verfasser in der Auswahl des Stoffes auferlegen musste, sind alle häufig vorkommenden Messungen besprochen. Dies geht auch aus der folgenden Inhaltsübersicht hervor: Einleitung, Allgemeines (Genauigkeit der Resultate, Gewicht einer Messung, Beobachtungsfehler, Korrektionen, Hilfssätze beim Rechnen, die Einheiten, das Cm. Gr. Sek. System, abgeleitete Einheiten, die graphische Darstellung, das Interpolationsverfahren), Längen- und Winkelmessung, Wägungen, Schwingungsdauerbestimmungen, Druckmessungen, Temperaturmessungen, Messungen von Wärmemengen, optische Messungen, optische Hilfsinstrumente, elektrische Messungen.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 30. Mai 1901.)

Tagesereignisse.

Der Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin hat zwei Preisaufgaben zur Bearbeitung gestellt: I. Für den Verschiebedienst sind unter Würdigung der bekannten Mittel zur Regelung der Geschwindigkeit ablaufender Wagen Vorschläge zur Verbesserung der Einrichtungen zu machen. II. Auf Grund der bisherigen Erfahrungen ist eine wissenschaftliche Darstellung der Grundzüge, sowie der Vor- und Nachteile für die Anordnung von Bahnen mit gemischtem Betrieb — Reibungsstrecken und Zahnstangenstrecken — gegenüber reinen Reibungsbahnen zu geben, wobei sowohl die Betriebsweise durch Dampf wie durch Elektrizität zu erörtern ist. Für die erste Aufgabe ist ein Preis von 500 M., für die zweite ein erster Preis von 1500 M. und ein zweiter von 500 M. ausgesetzt. Bewerber erhalten die Programme der Aufgaben mit den Bedingungen von der Geschäftsstelle des Vereins, Berlin W. 66, Wilhelmstrasse 92/93, zugesandt.

Eine goldene Medaille für Witterungskunde, die ohne Rücksicht auf Geschlecht und Nationalität alle zwei Jahre verliehen werden soll, ist von der Meteorologischen Gesellschaft in London zum Gedächtnis an den unlängst verstorbenen G. J. Symons begründet worden. Zu diesem Zwecke war eine Sammlung veranstaltet worden, die eine Summe von über 14000 M. ergeben hat.

Nach einer Mitteilung des Rektors der Technischen Hochschule in Charlottenburg beim Rektoratswechsel hat die deutsche chemische Industrie geschenkweise den Hauptteil ihrer Sammelausstellung in Paris im Werte von 600000 M. der Unterrichtsverwaltung angeboten. Der Unterrichtsminister hat die Spende für die technische Hochschule angenommen.

Personalien.

Für die neu begründete o. Professur der anorganischen Chemie an der Universität Göttingen war in erster Reihe Professor Clemens Winkler von der Bergakademie in Freiberg i. S. in Aussicht genommen. Geh.-Rat Winkler hat es jedoch vorgezogen, dem Wirkungskreise an der Freiberger Bergakademie treu zu bleiben.

Professor Dr. Th. Des Coudres in Göttingen erhielt zum zweiten Male einen Ruf auf den neuerrichteten Lehrstuhl für theoretische Physik an der Universität Würzburg und hat denselben angenommen.

In Hannover starb, 34 Jahre alt, am 30. Juni Professor Dr. O. Wiedeburg, nachdem er erst zum Beginn des Sommersemesters der Berufung als Dozent für Physik an die Technische Hochschule gefolgt war.

Der bekannte Experimentator Clausen in Berlin starb an einer Operation des Armes, die durch eine Gewebezerstörung infolge von Bestrahlung mit Röntgenstrahlen nötig geworden war.

An der Technischen Hochschule zu München hat sich der Gymnasialprofessor Dr. H. Stadler für Geschichte der beschreibenden Naturwissenschaften und der Assistent am Laboratorium der Hochschule Dr. E. Baur für physikalische und anorganische Chemie habilitiert.

Der ausserordentliche Professor Dr. Moriz v. Rudzki wurde zum ordentlichen Professor der mathematischen Geophysik und Meteorologie an der Universität Krakau ernannt.

Der ordentliche Professor der Baumechanik und Technologie der Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich, Ludwig v. Tetmajer ist zum ordentlichen Professor der technischen Mechanik und Baumaterialienkunde an der technischen Hochschule in Wien ernannt worden.

Professor Dr. Wilhelm Schur, der Direktor der Göttinger Sternwarte, ist im Alter von 55 Jahren gestorben. Er begann nach Absolvierung der Studien in Kiel und Göttingen seine öffentliche Thätigkeit als Assistent am geodätischen Institut in Berlin, ging dann als Observator an die Strassburger Sternwarte und wurde im Jahre 1886 nach Göttingen berufen. Eine grosse wissenschaftliche Reise führte ihn 1874 zur Beobachtung des Venusdurchganges nach den Aucklandsinseln.

Professor Tait ist in London gestorben.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 42. 20. Juli 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Kreiselversuche mit Hilfe eines Velozipedrades.

Von Chas. T. Knipp.[1])

Bei der am meisten benutzten Form des Gyroskopes lässt sich die wahre oszillatorische Bewegung der Achse nur für ausserordentlich kleine Geschwindigkeiten des Schwungrades und dann nur für wenige Sekunden beobachten. Die Oszillationen werden durch die Reibung auf der Unterlage gedämpft, so dass die Bewegung der Präzession in eine gleichförmige übergeht.

Das Studium der Kreiselerscheinungen wird bedeutend vereinfacht und gleichzeitig für jedermann erleichtert durch die Verwendung eines Velozipedrades als Schwungmasse; es lässt sich ebenso gut als gyroskopisches Pendel wie als ausbalanziertes Gyroskop oder Kreisel benutzen. Die Herstellung ist, wenn eine Schlosser- oder Fahrradreparaturwerkstätte zur Verfügung steht, eine für jedermann sehr einfache. Man nimmt das Rad aus der vorderen Gabel mit der Achse und dem Kugellager heraus. In ein eisernes $^3/_8$-zölliges Gasrohr von 9 Zoll Länge wird an dem einen Ende ein Gewinde geschnitten und dasselbe über die Achse des Rades geschraubt. Das andere Ende des Gasrohres, auf welches ein Gewinde für ein gewöhnliches Zwischenstück geschnitten ist, wird mit einer Messerfeile aufgeschnitten. Das Zwischenstück wirkt wie eine Druckschraube und erlaubt, die Achse durch Einfügen von Eisen- oder Messingstäben um ein gewisses Stück zu verlängern.

Schon die Betrachtungen, welche das Rad, sowie es nur aus dem Veloziped genommen ist, anzustellen gestattet, sind sehr interessant. Da die Achse weit genug über die Radnabe hervorragt, hat man hinreichenden Raum, um das Rad mit der Hand festzuhalten. Dreht man das Rad, während man es an der hervorstehenden Achse hält, so ist es ein treffendes Beispiel des bekannten Spielgyroskopes; es zeigt sehr deutlich die Präzessionsbewegung und scheint den Gesetzen der Gravitation zu widersprechen. Man kann bei dieser Form sehr gut die unregelmässigen Bewegungen beobachten, welche auftreten, wenn man die Bewegung des Rades stört. Man packt hierzu am besten das Ende der Achse mit beiden Händen und versucht, die Achse rasch zu neigen, während das Rad sich dreht. Zweifellos ist dieser einfache Versuch mit dem Velozipedrad allenthalben bekannt.

Um das Rad als ausbalanziertes Gyroskop zu benutzen, wird die Achse durch Anfügen eines Stabes, der in das unmittelbar auf der Radachse befestigte $^3/_8$-zöllige Gasrohr eingesetzt wird, auf etwa 3 bis 4 Fuss Länge gebracht. Auf dem anderen Ende des Stabes sitzt ein verschiebbares Gewicht, um das Rad auszubalanzieren. Das so hergestellte Gyroskop hängt mit einem festen Strick an einem passenden Haken oder Wandarm. Um das Ganze stabiler zu machen, ist der Strick bis zum Boden verlängert und dort an einer eingeschraubten Öse straff angeknüpft. Wenn das Gyroskop durch das Gegengewicht genau ausgeglichen ist, so erhält bei rotierendem Rade die Achse keinen Antrieb ihre Lage zu ändern. Sowie aber das Gewicht längs der Achse verschoben wird, ist der Schwerpunkt des Systemes verlegt und das Gyroskop wird zum gyroskopischen Pendel.

Versetzt man das Rad in Drehung und überlässt das Instrument, nachdem man das Gewicht nach innen verschoben hat, sich selbst, so beginnt die Präzessionsbewegung begleitet von deutlich sichtbaren Oszillationen. Ist die Drehungsrichtung des Schwungrades, wenn man von dem Unterstützungspunkte längs der Achse schaut, negativ, so ist der Weg der Achse des Gyroskopes eine Cykloide mit von oben gesehen positiver Richtung. Das Mass und die

1) Ausführlich in The Physic. Rev. **12**, 43, 1901.

Häufigkeit der Oszillationen hängt ab von der Geschwindigkeit des Rades; sie werden kleiner und häufiger, je grösser diese ist. (Es mag angebracht sein zu bemerken, dass das Rad dadurch sich in Rotation versetzen lässt, dass man einen kleinen Stab oder ein Stück Draht zwischen die Speichen in der Nähe der Radnabe einschiebt und dasselbe so wie mit einer kurzarmigen Kurbel dreht.) Man kann die Oszillationen der Achse bis zum 6. oder 7. vollen Umlaufe beobachten.

Verschiebt man das Gewicht vom Unterstützungspunkte weg nach aussen, so kann man, von geometrischen Überlegungen ausgehend, erwarten, dass die Präzessionsbewegung in umgekehrter Richtung wie oben erfolgt und die Spitzen der Cykloide nach unten zeigen.

Um den Apparat in ein gyroskopisches Pendel von grösserer Länge umzuwandeln, wird das Gegengewicht entfernt und das Rad bei vertikal gerichteter Achse irgendwie an der Decke hängend befestigt. In dieser Form kann man besser als in jeder anderen den Widerstand beobachten, den eine freie Achse jeder Richtungsänderung entgegensetzt. Es ist dies besonders auffällig, wenn der Stab etwas biegsam ist.

Um einen Kreisel zu erhalten, lockert man die Druckschraube, zieht den Stab heraus und ersetzt ihn durch eine Holzspitze. Wenn die Lager frei sind, wird sich die Achse nicht drehen. Es ist interessant zu beobachten, wie gerade in dieser Form die Oszillationen bemerkbar sind aber nicht länger als für einen Umlauf der Präzessionsbewegung.

Das hier beschriebene Gyroskop hat verschiedene Vorzüge vor der gewöhnlichen Form. Die Grösse des Durchmessers des Rades und die dadurch bedingte geringe Winkelgeschwindigkeit verursachen, dass die Präzessionsbewegung sowie die Oszillationen langsam sind und es wird so möglich, beide, besonders aber die letzteren, leichter zu verfolgen. Die Reibung der Nabe in dem Kugellager ist bei dem Velozipedgyroskop mit Rücksicht auf die grosse bewegte Masse eine äusserst geringe. Ein weiterer Vorzug ist die Einfachheit: Der Apparat ist für jeden der ein Fahrrad besitzt, sehr leicht herzustellen.

Physik. Institut der Cornell Universität.

(Aus dem Englischen übersetzt von Carl Forch.)

(Eingegangen 21. Juni 1901.)

Über den Goldhammer-Aristowschen Lochunterbrecher.

(Eine Erwiderung.)

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

In Jahrg. 2, 557, 1901 dieser Zeitschrift beschreiben die Herren D. A. Goldhammer und T. T. Aristow eine von ihnen konstruierte, „höchst einfache Form des Simonschen Flüssigkeitsunterbrechers", die sie sowohl der nach den Simonschen Angaben[1]) gefertigten Konstruktion der Firma Siemens & Halske, Berlin,[2]) wie auch vor allem meinem Plättchenunterbrecher[3]) für weit überlegen halten.

Sie werfen diesen beiden Formen Kompliziertheit und Kostspieligkeit vor und glauben, durch ihren Apparat beide Fehler beseitigt zu haben.

Was den Vorwurf der Kompliziertheit betrifft, so ergiebt eine einfache Vergleichung der Zeichnungen der drei Formen, dass gerade Einfachheit nicht der Vorzug der Goldhammer-Aristowschen Form ist.

Auch die Kosten dürften sich — eine Ausführung als technisch brauchbares Instrument vorausgesetzt — sicherlich beträchtlich höher stellen als z. B. bei dem Siemens & Halskeschen Unterbrecher, da ja zwei vollständige durch Saugheber verbundene Apparate erforderlich sind. Selbst meine, gegen die Siemens & Halskesche kompliziertere Form dürfte hinsichtlich der Fabrikationskosten vorteilhaft mit der neuen in Wettbewerb treten, wenn eine technische Ausführung und keine provisorische Laboratoriumsherstellung in Frage kommt. Thatsächlich kennen die Herren weder den Preis meines Plättchenunterbrechers, noch schätzen sie die technischen Herstellungskosten ihres Apparates richtig ein.

Welche Vorzüge meiner Form vor der Siemens & Halskeschen ihre kompliziertere Herstellung wettmachen, brauche ich hier nicht noch einmal zu wiederholen.[3]) Es kommt mir an dieser Stelle nur darauf an, zu zeigen, dass die Goldhammer-Aristowsche Form nicht nur keinen Fortschritt, sondern vielmehr einen beträchtlichen Rückschritt bedeutet.

Wodurch unterscheidet sich die Form der Herren Goldhammer und Aristow von den früheren?

Von der ursprünglichen, entschieden noch einfacheren Simonschen Anordnung,[4]) hergestellt aus einem Reagensglas, durch die Anwendung eines durchbohrten Porzellanbechers an Stelle eines Glasbechers.

Ein Porzellandiaphragma gelangt bereits bei der Siemens & Halskeschen Form zur Anwendung und könnte höchstens die seitliche Durchbohrung statt der Bodendurchbohrung als neu betrachtet werden. Der daraus entspringende Vorteil, dass man bei mehreren Durchbohrungen in verschiedener Höhe durch Erhöhung resp. Verminderung des Säureniveaus den

1) H. Th. Simon, Wied. Ann. **68**, 861, 1899.
2) Vgl. diese Zeitschrift **2**, 445, Fig. 1.
3) Diese Zeitschrift **2**, 445—447, 1901.
4) H. Th. Simon, loc. cit.

Lochquerschnitt variieren kann, dürfte technisch kaum in Betracht kommen, da er eine stetige sorgfältige Kontrolle des Säurestandes verlangt, so dass das Auswechseln des Diaphragmas oder des Plättchens nicht viel komplizierter und dabei jedenfalls zuverlässiger erscheint. Es mag an dieser Stelle auch erwähnt werden, dass die Swintonsche Form[1]) des Lochunterbrechers, welche es sogar gestattete den Lochquerschnitt während des Betriebes stetig zu ändern, keine praktische Bedeutung erlangt hat, da bei der praktischen Anwendung des Unterbrechers zum Betriebe eines Funkeninduktors, eine Veränderung des einmal eingestellten günstigsten Lochquerschnittes nur schädlich wirkt.

Das Bedecken der Oberfläche des Elektrolyten mit einer dünnen Schicht Vaselinöl ist bereits früher beschrieben worden,[2]) und hat bei Dauerbetrieb wenig Zweck.

So bliebe als Neuerung im Goldhammer-Aristowschen Unterbrecher übrig die Parallelschaltung zweier oder mehrerer derartiger Unterbrecher und deren Verbindung untereinander mittelst Schlauchhebern, zum Zwecke, die auftretende Niveaudifferenz im inneren und äusseren Gefässe jedes einzelnen Unterbrechers auszugleichen. Ob eine solche Unterbrecherbatterie „einfach" genannt werden kann, stelle ich dem Urteil der Leser anheim. Bei der angegebenen Parallelschaltung zweier oder mehrerer Unterbrecher der Goldhammer-Aristowschen Konstruktion wird, wie ich mich überzeugte, in der That die Niveaudifferenz im inneren und äusseren Gefässe behoben — allein das unregelmässige Arbeiten des Unterbrechers, das durch diese Einrichtung doch beseitigt werden sollte, nicht nur nicht beseitigt, sondern im Gegenteil erheblich vergrössert. Die Goldhammer-Aristow-Anordnung bildet eine „Säurecirkulationspumpe", durch welche die Cirkulation des Elektrolyten durch die Unterbrecheröffnungen begünstigt wird. Eben diese Flüssigkeitsströmungen durch die Unterbrecherlöcher sind es aber, die die Unregelmässigkeit, beziehungsweise das zeitweilige Aussetzen des Unterbrechungsvorganges herbeiführen, da durch die Flüssigkeitsströmung die regelmässige Dampfblasenbildung verhindert wird.

Davon kann man sich durch ein sehr einfaches Experiment überzeugen: ein Lochunterbrecher, der als inneres Gefäss ein ca. $^1/_4$ m langes Glasrohr besitzt, in welchem künstlich durch Eingiessen von Schwefelsäure ein höheres Flüssigkeitsniveau hergestellt wird, unterbricht überhaupt nicht, solange die Flüssigkeitsströmung durch das Unterbrecherloch stattfindet.

Somit ist mit der Konstruktion der Herren Goldhammer und Aristow gerade das Gegenteil von dem erreicht, was erreicht werden sollte.

Wie die Herren selbst schreiben, muss ihr Unterbrecher sich bei Anwendung kleiner Löcher öfter „ausruhen", währenddem er dann durch eine andere Unterbrecherbatterie von gleicher Konstruktion und Dimension ersetzt wird.

Weder die Siemens & Halskesche Form, noch mein Plättchenunterbrecher schützen jemals in ähnlicher Weise Müdigkeit vor. —

Alles in allem ergiebt sich:

Die Goldhammer-Aristowsche Konstruktion des Lochunterbrechers ist als technisches Instrument weder einfacher noch in der Herstellung wohlfeiler, als die von der Firma Siemens & Halske in den Handel gebrachte Form und mein Plättchenunterbrecher. Sie besitzt gegen diese beiden Konstruktionen schwerwiegende Nachteile, welche mir ihre Brauchbarkeit als technisches Instrument überhaupt auszuschliessen scheinen.

6. Juli 1901.

(Eingegangen 10. Juli 1901.)

1) A. A. C. Swinton, Electrician **43**, 332—333, 1899.
2) A. G. Rossi, Atti R. Acc. delle Scienze Torino **34**, 1899.

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Professor Dr. Th. Des Coudres.

Über die von der Firma Siemens & Halske, Berlin, auf der Pariser Weltausstellung in Klasse 27 ausgestellten Messinstrumente.

Einer der Siemens & Halskeschen Pavillons auf der Pariser Weltausstellung enthielt in umfassender Weise die mannigfaltigen Konstruktionen der Messinstrumente dieser Firma.

Gruppenweise gegliedert wurden den Besuchern die meisten typischen Formen der Schalttafelinstrumente, der Elektrizitätszähler und der Laboratoriums- und wissenschaftlichen Instrumente, denen sich die Apparate für Röntgenzwecke anreihen, vor Augen geführt.

Zu den Messinstrumenten gehören: Stromzeiger, Spannungszeiger, Leistungszeiger, Isolationsmesser und Registrierapparate.

Neben den einfachen Stromzeigern, bei welchen ein eigentümlich geformter Kern aus Eisenblech in eine stromdurchflossene Spule gezogen wird (Fig. 1), und den aperiodischen Strom-

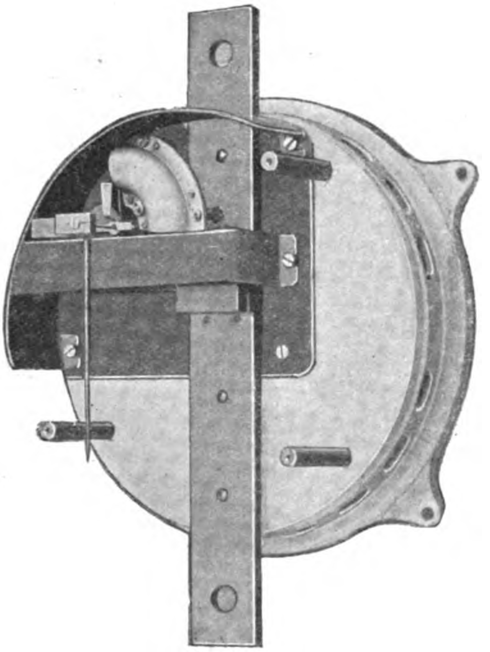


Fig. 1.

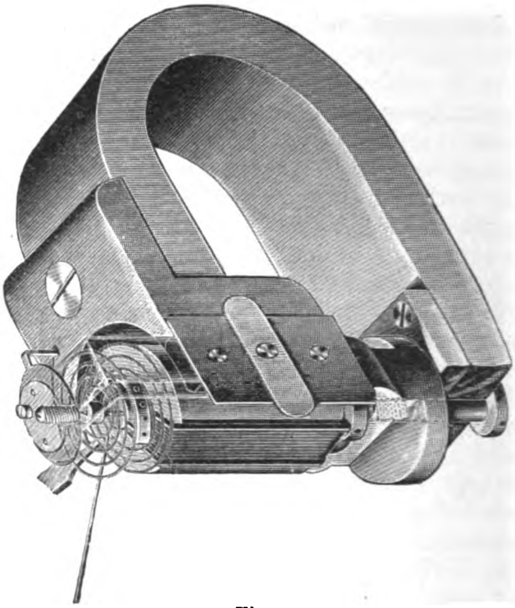


Fig. 2.

zeigern für Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom, welche das gleiche auf einer Bronzeachse mit Stahlspitzen in Saphiren gelagerte bewegliche System besitzen, aber ausserdem mit einer vorzüglichen Luftdämpfung (Fig. 1) versehen sind, werden aperiodische Stromzeiger mit hoher Isolation für Hochspannungsanlagen, sowie solche für besonders feuchte Räume gefertigt.

Für starke Wechselströme werden die aperiodischen Stromzeiger mit Stromtransformatoren, die hinter der Schalttafel liegen, geaicht. Es hat dies den Vorteil, dass die Hochspannungsleitungen nicht auf die Schalttafel herausgeführt zu werden brauchen. Während diese Instrumente mit beweglichem Eisenkern den Nachteil haben am unteren Ende der Skala, verhältnismässig unempfindlich zu sein, besitzen die Präzisionsstromzeiger nach dem System von Deprez-d'Arsonval mit beweglicher Spule und festem permanenten Stahlmagneten eine völlig proportionale Skala.

Fig. 2 lässt den Magneten mit dem beweglichen System und den Torsionsfedern im Schnitt erkennen.

Bei allen Instrumenten dieser Art, die sich naturgemäss nur für Gleichstrommessungen verwenden lassen, durchläuft nur ein Bruchteil des zu messenden Stromes das bewegliche System des Apparates, während der übrige Teil einen Manganin-Nebenschlusswiderstand durchfliesst.

Ausschliesslich zu Messungen von Wechsel- resp. Drehstrom dienen die Ferraris-Stromzeiger, von denen ein grosses Instrument auf einer Säule, in Kleeblattform in Klasse 23 aufgestellt war, um die Stromstärke der grossen Siemens & Halskeschen Dynamomaschine weithin sichtbar erkennen zu lassen.

Diese Ferrarisschen Instrumente beruhen auf der Erzeugung eines magnetischen Drehfeldes, das eine in Spitzen gelagerte Aluminiumtrommel zu drehen bestrebt ist, während zwei Torsionsfedern dieselbe in die Nullstellung zurückzuführen streben. Die Dämpfung ist eine magnetische. Die Instrumente werden mit einer bestimmten Periodenzahl geaicht; die Skala ist nahezu proportional. Für Ströme bis 300 Ampere werden die Instrumente direkt in den Stromkreis eingeschaltet, darüber hinaus mit einem Stromtransformator verbunden.

In denselben Ausführungen wie die Stromzeiger werden auch die Spannungszeiger hergestellt. Dieselben besitzen im Gegensatz zu ersteren eine Wickelung von dünnem Drahte mit entsprechenden Vorschaltwiderständen. Bei hohen Spannungen werden die aperiodischen und die Ferrarisschen Spannungszeiger mit Spannungstransformatoren verbunden.

Die Leistungszeiger beruhen teils auf dynamometrischem Prinzip, teils sind es solche Ferrarisschen Systems. Bei ersteren fliesst der Starkstrom durch eine vielfach lamellierte feststehende, besonders geformte Spule; der Spannungsstrom durchfliesst eine freigewickelte bewegliche Schwachstromspule unter Vorschaltung eines geeigneten induktions- und kapazitätslosen Widerstandes. Durch Anwendung einer Luftdämpfung wird für eine aperiodische Einstellung des Zeigers gesorgt. Die Ferrarisschen Leistungszeiger, für Wechselstrom und Drehstrom, sind nach Art der Ferraris-Stromzeiger her-

gestellt; die künstlich gegen den Strom um $\frac{\pi}{2}$ in der Phase verschobene Spannung erzeugt mit dem Strom ein Drehfeld, das eine Aluminiumtrommel entgegen der Kraft zweier Torsionsfedern zu drehen bestrebt ist. Die Instrumente besitzen hohe Empfindlichkeit, eine lange Skala und gute Dämpfung.

Die Isolationsmesser sind Spannungsanzeiger mit hohem Widerstand, die zwischen Erde und der zu prüfenden Leitung unter Einschaltung einer bekannten konstanten elektromotorischen Kraft liegen. Das Instrument besitzt eine Ohm-Skala, an der die Isolation direkt abgelesen werden kann. Neben diesen werden noch Isolationsmesser nach Ferrarisschem System gebaut.

Schliesslich sei noch der Registrierapparate Erwähnung gethan, welche die Stromstärke, Spannung und Leistung automatisch aufzeichnen und sowohl wertvolles und übersichtliches statistisches Material geben, als auch zur Kontrolle der Unterbeamten dienen können.

In einem zweiten Pavillon waren die Schiffs- und Grubentelegraphen der Firma vertreten.

Die Fernzeiger dienen zur Übermittelung weniger typischer Signale. Durch Anwendung von 6 kreisförmig angeordneten Elektromagnetspulen (vgl. Fig. 3) wird ein Drehfeld erzeugt, wodurch die Bewegungen einer Kurbel der Empfangsstation auf eine Ankerwelle mit daran befestigtem Zeiger, welcher über einer Skala spielt, übertragen werden.

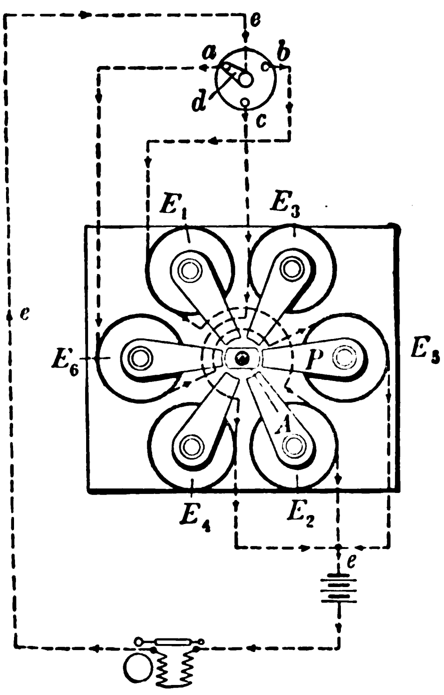


Fig. 3.

Unter den Einzelkonstruktionen sind die Maschinentelegraphen zur Übermittelung von Befehlen von der Kommandobrücke nach den einzelnen Maschinenräumen und der Befehlsempfangsanzeige von diesen nach jener hervorzuheben.

Der Kesseltelegraph dient zur Übermittelung von Signalen zwischen den Maschinenräumen und den verschiedenen Kesselräumen.

Endlich sind noch der Rudertelegraph zur Übermittelung der Befehle von der Kommandobrücke nach den Steuerstellen und der Ruderlage-Anzeiger zu erwähnen.

Die Grubentelegraphen endlich gleichen in ihrer Ausführung den Kesseltelegraphen.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 19. März 1901.)

Die neunte Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zu Dresden.

Die Jahresversammlung war von etwa 500 Teilnehmern besucht. Der Vorsitzende Professor Eugen Hartmann (Frankfurt a. M.) begrüsste die Versammlung und die als Ehrengäste erschienenen Vertreter der Königlich Sächsischen Regierung, der Stadt Dresden, der Reichspostverwaltung, des Bezirksvereins Deutscher Ingenieure, sowie die als Gäste anwesenden Mitglieder der Institution of Electrical Engineers London. In der weiteren Ausführung seiner Rede wies Herr Hartmann auf die Stellung und die Entwickelung der elektrotechnischen Wissenschaft hin; gedachte der gegenwärtigen Lage der elektrotechnischen Industrie, deren Schwierigkeit nicht zu verkennen sei. Es wäre aber unbillig, aus einem wirtschaftlichen Ausfall die gesamten Leistungen verurteilen zu wollen. Die deutsche Elektrotechnik ist gross, stark und selbständig, welche Eigenschaften auf der Pariser Weltausstellung zur Genüge bekannt geworden und gewürdigt sind. Für die elektrotechnische Industrie lässt sich sehr wohl ein Aufschwung wieder erhoffen, sowie die Kriege beendet sind und das transvaalische Gold erst wieder rollt.

Auf verschiedenen Forschungsgebieten sind schöne Erfolge zu verzeichnen, wie in der Wellentelegraphie, der Wortübertragung durch den Lichtbogen, dem elektrischen Betrieb der Vollbahnen, der elektrischen Beleuchtung. Schliesslich betonte Herr Hartmann die Notwendigkeit, dass bei der Ausbildung junger Elektrotechniker mehr Gewicht auf die praktische Ausbildung in einem Werkstättenbetriebe, womöglich vor der Studienzeit gelegt werden müsse, um eine Überfüllung des Faches mit Theoretikern zu vermeiden.

Nach den offiziellen Erwiderungen erstattete der Generalsekretär Herr Kapp den Jahresbericht, aus welchem ersichtlich ist, dass die Anzahl der Mitglieder gestiegen ist und 3112 beträgt. Der Vermögensstand beträgt M. 124240,58. Von den Arbeiten des Verbandes sind zu erwähnen: die Königliche Eisenbahndirektion Berlin hatte eine Erhöhung der Frachtsätze für elektrische Artikel geplant; von seiten des Verbandsvorstandes wurden erfolgreiche Schritte gethan, um die bezügliche Verfügung wieder aufzuheben. Auf Ersuchen des Königlich Preussischen Ministers für Handel und Gewerbe wurde bei den Elektrizitätswerken eine Umfrage angestellt, wie viele Elektrizitätszähler im Gebrauch sind, wie viele Zähler einer amtlichen Prüfung und Beglaubigung vorgelegt werden würden, wenn ein Prüfungszwang vorläufig nicht eingeführt wird. Die Umfrage ergab, dass in Berlin und 19 grösseren Industriestädten Preussens 23985 Zähler im Gebrauch waren und von diesen etwa 6 Proz. im Laufe eines Jahres nachgeaicht worden sind. Der jährliche Zuwachs an Zählern in diesem Gebiet beträgt rund 5000.

Es ist möglich gewesen, durch dankenswerte Unterstützung der Reichspostverwaltung eine ziemlich genaue Statistik über die in Privatanlagen installierten Glühlampen, Bogenlampen und P. S. Motoren herzustellen. Es waren in 32 Oberpostdirektionsbezirken installiert

1653879	Glühlampen	= 82694 Kwtt.
77419	Bogenlampen	= 38710 „
99352	P. S. Motoren	= 85417 „

Die Statistik ist dem Ministerium des Innern übergeben worden.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat eine „Zusammenstellung der ausländischen Zollsätze auf die wichtigsten elektrotechnischen Artikel" erscheinen lassen. Das Werk ist für die Verbandsmitglieder bestimmt und kann von der Geschäftsstelle des Verbandes, Berlin N. 24, bezogen werden. Sonst lehnt es der Verband ab, in Handels- und in Zollfragen sich anders als informatorisch zu beschäftigen. Im Laufe der Jahre hat der Verband folgende Normen und Vorschriften veröffentlicht:

1. Normen über einheitliche Kontaktgrössen und Schrauben.
2. Sicherheitsvorschriften für Starkstromanlagen. 1. Ausgabe.
3. Kupfernormalien.
4. Photometrierung von Glühlampen.
5. Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen. 2. Ausgabe.
6. Sicherheitsvorschriften für elektrische Hochspannungsanlagen.
7. Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen in elektrischen Betrieben.
8. Sicherheitsregeln für elektrische Bahnanlagen.
9. Sonderbestimmungen für Theaterinstallationen.
10. Sonderbestimmungen für Schaustellungen und Räume zur Aufstapelung leicht entzündlicher Stoffe.
11. Normalien und Kaliberleeren für Lampenfüsse und Fassungen mit Edisongewinde.

Die Arbeiten der verschiedenen Kommissionen im Verbande waren im verflossenen Geschäftsjahre umfangreich und von Wichtigkeit.

Zunächst hatte die Sicherheitskommission die Sicherheitsregeln für elektrische Bahnanlagen durchgesehen und in einigen Punkten abgeändert. Als wichtigste Abänderung ist hervorzuheben, dass die Kontrollerachsen geerdet sein müssen. Diese Regeln wurden von der Jahresversammlung als Vorschriften angenommen.

Die Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen werden zur Zeit einer Umarbeitung unterzogen, um im Herbste den Behörden und Interessenten zugängig gemacht werden zu können.

Die Kommission für Maschinennormalien hat einen Entwurf für Normalien zur Prüfung von elektrischen Maschinen ausgearbeitet. Der Entwurf wurde von der Jahresversammlung angenommen mit einer Abänderung betreffend das Wort „Dynamo", welches sich nur auf den Begriff der „Stromerzeuger" beschränken soll.

Ferner hatten die Hysteresiskommission und die Draht- und Kabelkommission Berichte zu erstatten. Die Berichte wurden angenommen und kommen in der Verbandszeitschrift zum Abdruck.

Vom Elektrotechnischen Vereine waren zwei Anträge gestellt worden. Erstens auf Annahme der vom Vereine ausgearbeiteten „Leitsätze, betreffend den Schutz der Gebäude gegen den Blitz", und zweitens auf Einsetzung einer Kommission zur Untersuchung der Erdrückströme elektrischer Bahnen. Beide Anträge wurden angenommen. Es wurden ferner eingesetzt: eine Materialprüfungskommission und Vorbereitungskomité zur Prüfung der Patentangelegenheiten.

Vorträge: Herr Civilingenieur Max Schiemann in Dresden sprach über „Elektrische Schnell- und Vollbahnen". Es werde zwar niemals möglich sein, lange Züge in grossen Zeitintervallen elektrisch so billig zu betreiben, wie durch die Dampflokomotive, es könne aber nicht als die günstigste Betriebsart angesehen werden, wenn lange Personen- und Güterzüge in grossen Intervallen verkehren, sondern sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr empfehle sich das Ablassen kleinerer Züge oder einzelner Wagen in kurzen Intervallen aus verschiedenen Gründen. Alles dränge auf eine kürzere Fahrtdauer hin, diese aber sei nur durch elektrischen Betrieb wegen seiner grösseren technischen Sicherheit zu erreichen.

Freilich würde dieser Betrieb auf den jetzt vorhandenen Vollbahnen keine ausschlaggebenden Vorteile bieten, weil wesentliche Ersparnisse hinsichtlich des Personales und des Betriebsmateriales nicht zu erzielen seien. Es müsse die Anlage gleich von vornherein für den elektrischen Betrieb eingerichtet werden, sie werde sich bedeutend billiger stellen als für die Vollbahnanlagen. Eine ganze Reihe Kulturstaaten hätten die Vorzüge der elektrischen Bahnen vor den Dampfbahnen bereits erkannt und Versuche zu ihrer Einführung angestellt. Als Beweis hierfür führte Herr Schiemann in 60 Lichtbildern die verschiedensten bezüglichen Einrichtungen und Anlagen aller Länder vor. Schliesslich sprach der Redner die Hoffnung aus, dass die nächsten Jahre mehr als bisher die Elektrotechnik für den Bahnbetrieb beschäftigen werden.

Sodann hielt Herr Oberingenieur Meng seinen Vortrag über das städtische Elektrizitäts-West-Kraftwerk in Dresden. Der Vortrag diente als Einleitung zu der darauf folgenden Besichtigung und ist in der Verbandszeitschrift zum Abdruck gebracht.

Am zweiten Tage der Jahresversammlung wurden zunächst die Wahlen erledigt. In den Vorstand wurden neugewählt die Herren Bauräte Bissinger-Nürnberg und Uppenborn-München. Die aus dem Vorstande geschiedenen Herren Direktoren Magee-Berlin und Prücker-Hannover wurden in den Ausschuss gewählt.

Ferner hatten, durch das Anwachsen ihrer Mitgliedzahl bedingt, der „Elektrotechnische Verein" Herrn Professor du Bois, und der „Elektrotechnische Verein München" Herrn Direktor W. Schmuck für den Ausschuss benannt. Beide Herren wurden als Mitglieder gewählt.

Als Ort der nächsten Jahresversammlung wurde Düsseldorf gewählt.

Die hierauf folgenden weiteren Vorträge hielten Herr Professor Heim-Hannover „Über ein Verfahren zur Steigerung der Kapazität der Akkumulatoren".

Herr Dr. Franke-Hannover „Über die Bestimmung des Ungleichförmigkeitsgrades von Kraftmaschinen".

Herr Ingenieur Friedrich Eichberg-Wien „Über die Transformatoreigenschaften der Gleichstromarmatur".

Herr Ingenieur Bönninghofen-Berlin „Über ein von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft eingeführtes Installationsmaterial für Freileitungen, erläutert durch zahlreiche Zeichnungen und Modelle".

Herr Ingenieur Dietze-Dresden „Über Hubmagnete für gerade und kreislinige Bewegungen".

Die Vorträge werden in der Verbandszeitschrift zum Abdruck gebracht.

Hierauf schloss Professor Hartmann mit Dankesworten für die Veranstalter der diesjährigen Versammlung die Sitzung.

Mit der Jahresversammlung war eine Ausstellung interessanter Neuheiten auf elektrotechnischem Gebiete verbunden. Die Ausstellung war recht reichhaltig und wurde gut besucht.

Die Ausgestaltung des Vergnügungsprogrammes seitens des Dresdener Elektrotechnischen Vereines verdient besonders hervorgehoben zu werden. Der Begrüssungsabend, das Festessen, das Gartenfest und der Sonntagsausflug nach der Bastei, sowie der Ausflug der Damen nach Meissen fanden volle Anerkennung der Beteiligten. Herrmann.

(Eingegangen 5. Juli 1901.)

BESPRECHUNGEN.

L'année scientifique et industrielle. Jahrg. 44. 1900. Herausgegeben von Emile Gautier. Mit 64 Abbildungen. Paris 1901.

In dem bekannten Jahrbuche werden die neuesten und interessantesten Erscheinungen auf dem Gebiete der Naturwissenschaften und der Industrie in übersichtlicher Weise kurz besprochen.

Der vorliegende Jahrgang ist zum grössten Teile der Pariser Weltausstellung gewidmet. In der Einleitung wird besonders des grossen Aufschwunges der deutschen chemischen Industrie Erwähnung gethan und als Neuheiten die Goldschmidtsche Aluminothermie und das Poulsensche Telegraphon hervorgehoben.

In dem Abschnitte über Physik wird unter anderem kurz über die neuesten Fortschritte der drahtlosen Telegraphie, über das Tommasinasche Elektroradiophon u. s. w. berichtet.

Mercadiers Multiplex-Telepraph, das Poulsensche Telegraphon und die d'Arsonvalschen Apparate zur Erzeugung von Hochfrequenzströmen, die des Ferneren beschrieben werden, sind den Lesern dieser Zeitschrift bereits aus früheren ausführlicheren Ausstellungsberichten bekannt. E. Ruhmer.

(Eingegangen 18. Juni 1901.)

G. Mahler, Physikalische Formelsammlung. 16. VI u. 196 S. Mit 67 Figuren. Leipzig, G. J. Göschensche Verlagsbuchhandlung. 1901. Preis M. —.80.

Die vorliegende physikalische Formelsammlung kommt einem entschiedenen Bedürfnis entgegen und dürfte sowohl Schülern höherer Lehranstalten, wie auch jüngeren Medizinern und Chemikern ein willkommenes Hilfsmittel bei physikalischen Repetitionen darbieten. Das Buch beschränkt sich auf das elementare physikalisch-mathematische Gebiet, giebt aber recht sorgfältig alles hier irgend Wissenswerte. Nicht eine dürftige Aneinanderreihung von Formeln finden wir in der Mahlerschen Sammlung, sondern sie bietet auch die Ableitungen dazu und giebt die erforderlichen Begriffsbestimmungen in erfreulicher Klarheit. Sehr wünschenswert wäre es freilich gewesen, wenn hier mit der immer wieder auftauchenden Verwechslung von Wärmekapazität mit spezifischer Wärme aufgeräumt worden wäre. Beides ist bekanntlich nicht dasselbe. Spezifische Wärme ist die Wärmekapazität allein der Masseneinheit. — Eine kurze Erwähnung des 2. Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie hätte dem Buche keinen Abbruch gethan. O. Behrendsen.

(Eingegangen 7. Juni 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Astronomischer Jahresbericht. Mit Unterstützung der Astronomischen Gesellschaft herausgegeben von Walter F. Wislicenus. II. Band, enthaltend die Litteratur des Jahres 1900. 8. XXVI u. 633 S. 1901. Berlin, Georg Reimer. M. 19.—

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1900. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Sechundfünfzigster Jahrgang. Erste Abteilung, enthaltend Physik der Materie. Redigiert von Karl Scheel. 8. XXXVI u. 357 S. 1901. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 15.—

— Dritte Abteilung, enthaltend Kosmische Physik. Redigiert von Richard Assmann. 8. XLVIII u. 472 S. 1901. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 18.—

Englisch, W. Eugen, Das Schwärzungsgesetz für Bromsilbergelatine. Eine Monographie. Mit 10 Abbildungen. gr. 8. 46 S. 1901. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 3—

Koenigsberger, Leo, Die Principien der Mechanik. Mathematische Untersuchungen. gr. 8. XII u. 228 S. 1901. Leipzig, B. G. Teubner. Gebunden M. 9.—

Study, E., Geometrie der Dynamen. Die Zusammensetzung von Kräften und verwandte Gegenstände der Geometrie. Erste Lieferung. Mit in den Text gedruckten Figuren. gr. 8. 240 S. 1901. Leipzig, B. G. Teubner. M. 7.60. (Die 2. (Schluss-)Lieferung erscheint im Herbst d. J.)

Wundt, Wilhelm, Gustav Theodor Fechner. Rede zur Feier seines hundertjährigen Geburtstages. Mit Beilagen und einer Abbildung des Fechner-Denkmals. 8. VI u. 92 S. 1901. Leipzig, Wilhelm Engelmann. M. 2.—

Zeuner, Gustav, Technische Thermodynamik. Zweite Auflage. Zugleich vierte vollständig neu bearbeitete Auflage der „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie." Zweiter Band. Die Lehre von den Dämpfen. Mit 65 in den Text gedruckten Holzschnitten. gr. 8. VIII u. 464 S. Anhang: Tabellen. XXX S. 1901. Leipzig, Arthur Felix. M. 14.—

Tagesereignisse.

Der schweizerische Bundesrat hat die Errichtung einer dritten Professur für Physik (hauptsächlich allgemeine und Experimentalphysik) am Polytechnikum in Zürich beschlossen.

Personalien.

Dem Chef der Firma Hartmann & Braun, Frankfurt a. M., Ingenieur Eugen Hartmann wurde der Titel Professor verliehen.

Der Privatdozent in der philosophischen Fakultät der Universität Leipzig Dr. Georg Bredig, Assistent am Physikalisch-chemischen Institut, wurde als ausserordentlicher Professor für Chemie und physikalische Chemie an die Universität Heidelberg berufen.

Der Professor der Maschinenkunde an der Technischen Hochschule in München O. v. Grove wurde zum Dr. Ing. an der Technischen Hochschule in Hannover ehrenhalber ernannt.

Das Denkmal des im Vorjahre verstorbenen Professor der Mathematik an der Universität Jena H. Schäffer wurde am Fürstengraben enthüllt.

Zum Rektor für 1901/02 an der Technischen Hochschule in Karlsruhe wurde der Professor der Geodäsie M. Haid ernannt.

Dem Dozenten der Geodäsie an der Technischen Hochschule in Stuttgart H. Haller wurde der Titel Professor verliehen.

Vor kurzem starb der bei der Absteckung der Grenze von Kiwu (Ostafrika) thätige Professor der Mathematik Dr. Ernst Lamp aus Kiel im 52. Lebensjahre.

Der Privatdozent für Physik an der deutschen Universität in Prag Dr. J. Geitler von Armingen wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

Berichtigungen.

Wegen Ausbleibens der Korrektur sind in den Mitteilungen aus dem Physikalischen Institute der Universität Kasan No. 2 und 3, Seite 557 und 559, folgende, von den Verfassern gewünschte Korrekturen unterblieben:

Der Name des zweiten Verfassers lautet statt J. J. Aristow T. T. Aristow; ferner ist zu lesen:

Mitteilung No. 2, S. 557, Sp. I, Z. 21 statt „nabelförmige" kugelförmige;
S. 558, Sp. I, Z. 9 v. o. statt „vergiesst" eingiesst;
„ 558, „ I, „ 12 v. o. „ „so grossen" sogenannten;
„ 558, „ I, „ 16 v. u. „ „oder" und.

Figur 2 dieses Aufsatzes ist nicht ganz richtig gezeichnet, die Fehler gehen aus dem Texte hervor.

Mitteilung Nr. 3, S. 559, Sp. I, Z. 9 v. o. statt „Spannungen" Spannung;
S. 559, Sp. II, Z. 20 v. o. statt „derselben" denselben;
„ 559, „ II, „ 5 v. u. „ „Bogenlampe" Bogenlänge;
„ 560, „ I, „ 12 v. o. „ „vertreten" vorhanden;
„ 560, „ I, „ 16 v. o. „ „94 mm" 9,4 mm.

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 43. 27. Juli 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Selbstregistrierender Apparat zur Messung der Elektrizitätszerstreuung in der Luft.

Von Leopold Kann.

Über die Wichtigkeit eines solchen Apparates braucht beim gegenwärtigen Stande der Luftelektrizitätsfrage nicht erst viel gesagt zu werden. Ist schon ein selbstregistrierender Potentialmesser erwünscht, so muss es noch mehr ein Zerstreuungsmesser sein, der in jeder Hinsicht langwierigere und umständlichere Messungen abzulösen hat.

Von einem solchen Apparate würde man verlangen, dass er automatisch — der Methode von Elster und Geitel folgend — zuerst einen Zerstreuungskörper samt dem messenden Elektroskop z. B. positiv lädt, und zwar durch eine längere Zeit (etwa 5'), damit die Bernstein-Isolierung Zeit hat, sich dielektrisch zu polarisieren; dann die Zeit registriert, die verstreicht, bis ein bestimmter (deutlicher) Spannungsabfall stattgefunden hat; hierauf (durch eine kürzere Zeit) das Elektroskop, von dem der Zerstreuungskörper abgehoben wurde, allein nochmals positiv lädt und wieder die für den bestimmten Spannungsabfall erforderliche Zeit registriert; hernach den Körper wieder aufsetzt; schliesslich in derselben Weise und Reihenfolge für eine negative Ladung funktioniert, um dann wieder positiv zu laden etc.

Im folgenden nun will ich einen Apparat skizzieren, der allen diesen Anforderungen gerecht werden dürfte:

Er besteht im wesentlichen aus einem Elektroskop (Konstruktion Elster und Geitel), 2 Uhrwerken, einer Batterie, einem Elektromagnet, einer Zamboni-Säule (oder Wasserbatterie) und (eventuell) einem Relais.

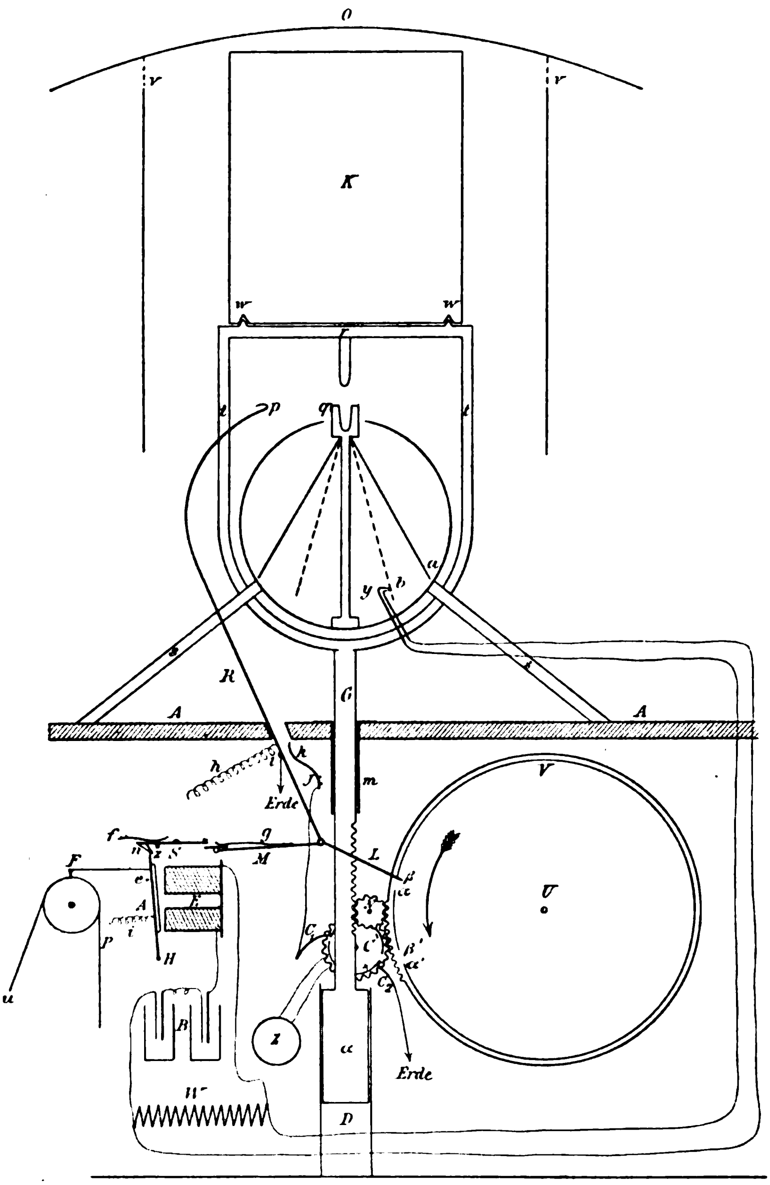
Das grosse Rad des regulierenden Uhrwerkes (U) trägt an seinem Umfang eine Anzahl von Zähnen, die in zwei voneinander unabhängige Zahnräder (N und C) eingreifen, und an seiner Stirnfläche einen Kranz (V), der an zwei Stellen ($\alpha-\beta$, $\alpha'-\beta'$) durchbrochen ist. Das Rad N greift in die Zahnstange des Gestänges G ein, das so gehoben und gesenkt wird und oben auf 2 Trägern (t) einen Ring (r) trägt. Dieser ist noch mit Warzen (w) versehen, die beim Aufsteigen des Gestänges in passende Vertiefungen des Zerstreuungskörpers (K) zu ruhen kommen, so dass sich der Körper in der abgehobenen Stellung nicht verschieben kann und beim Niedergehen wieder sicher auf das Elektroskop zu sitzen kommt.

Das Kommutatorrad (C) ist mit den Polen einer Zamboni-Säule oder einer Wasserbatterie verbunden. Von den 2 Kommutator-Segmenten ist immer eines mittels der Kontaktfeder C_2 zur Erde abgeleitet, das andere mittels C_1 mit der Feder k in Verbindung, die in geeigneter Stellung auf den leitenden Teil des Ladearms (R) drückt.

Der Ladehebel besteht aus 3 Armen (R, L und M). Der Arm L schleift auf dem Kranz (V). In dieser Lage drückt er die Platinfeder p an q an, so das Elektroskop ladend. Nur in den 2 Unterbrechungen ($\alpha-\beta$, $\alpha'-\beta'$) kann er, der Feder h Folge leistend, zurückschnellen. Dadurch wird einerseits der bei J vom übrigen Mechanismus isolierte Arm R von der Feder k, die ihn mit dem Kommutatorsegment verband, zurückgezogen und beim Anschlag l zur Erde abgeleitet; andererseits der Arm M nach abwärts gedrückt. Dieser Arm hat ein Gelenk, das sich nur nach abwärts biegen lässt. Beim Niedergehen also bleibt es steif und schlägt den Sperrhebel S auf. Jetzt wird aber der Anker A durch die Feder i vom Elektromagnet E abgezogen und die Schreibfeder (F) auf den Papierstreifen (oder Papiercylinder) des registrierenden Uhrwerkes (u) gedrückt. Der Anker A ist aber auch gleichzeitig der Hebel der Hemmung (H) des Uhrwerkes (U), das nach Art eines Telegraphen-

uhrwerkes konstruiert ist und zwar schaltet es in dieser Stellung dasselbe aus.

In der Figur ist der Moment festgehalten, wo der Körper K vom Elektroskop abgehoben und dieses selbst negativ bis zum Potential (a) geladen ist. Gerade ist der Arm L bei α eingeschnappt, R ist zurückgezogen und zur Erde



abgeleitet, M hat S aufgestossen, so den Anker A freigebend. Dadurch wurde also gleichzeitig, in dem Momente, wo die Ladung aufhörte, die Schreibfeder F aufs registrierende Papier gedrückt und das regulierende Uhrwerk (U) zum Stillstand gebracht.

Die Feder schreibt jetzt so lange auf dem sich kontinuierlich etwa in einer Schraubenlinie bewegenden Papiercylinder, der mit einer Minuteneinteilung versehen und für eine Woche berechnet ist, bis die Blättchen des Elektroskops bis b konvergieren, dann geschieht folgendes:

Das eine Blättchen kommt bei b auf zwei sich sehr nahe stehende Platinblättchen (y) zu liegen und schliesst so durch ein Relais (oder — wie in der Figur — direkt) den Stromkreis des Elektromagneten (E). In jedem Fall ist zur Vermeidung von Funkenbildung bei b ein hoher Nebenschlusswiderstand eingeschaltet (W).

Jetzt wird der Anker A angezogen und durch die Sperrnase n in dieser Lage gehalten, dadurch aber die Feder F vom Papier abgehoben und so das Ende der Zerstreuungszeit markiert, und auch die Hemmung (H) nach rechts gedreht und so das Regulier-Uhrwerk (U) wieder in Gang gesetzt.

Jetzt rotieren auch die paar Zähne von U, die noch in N eingriffen und auf diese Weise das Gestänge hoch hielten, nach abwärts; das Rad N wird frei und das Gestänge mit dem aufsitzenden Körper senkt sich (der Schwere folgend und durch die Luftbremse D gebremst) langsam, bis der Körper wieder auf dem Elektroskop aufruht und noch ein Stück tiefer, den Körper vollständig frei gebend.

Gleichzeitig wurde auch das Kommutatorrad, das nur halb so viele Zähne hat wie U, gedreht, so dass jetzt das positive Segment mit k verbunden, das negative aber zur Erde abgeleitet ist; und der Arm L bei β nach abwärts gedrückt, bis er auf dem Kranze V aufruht, den Arm R an k und die Feder p an q andrückt und so das Elektroskop samt dem aufsitzenden Körper positiv lädt. Dies dauert, bis der Ausschnitt α'—β' an die Stelle von α—β kommt (ca. 5'); dann schnappt der Arm L ein, die Ladung hört auf, die Feder F beginnt die Zerstreuungsfrist für die positive Ladung samt Zerstreuungskörper zu registrieren, und die Hemmung H schaltet U aus.

Steht das Blättchen wieder bei b, so wird F wieder gehoben und U eingeschaltet. Jetzt gehen die Zähne nach abwärts und heben das Gestänge und mit ihm den Körper, während der Ladearm, von β' bis α niedergedrückt, das Elektroskop allein nochmals positiv lädt. Hat der Körper K nahezu seine höchste Stellung erreicht, so schnappt L bei α ein; die Feder

beginnt zu schreiben, *U* wird ausgeschaltet u. s. w. **Bedenken**, die man etwa gegen die Relaisauslösung hegen könnte, verschwinden bei näherer Untersuchung. Die Auslösung des schwachen Relaisstromes erfolgt jedesmal tadellos, und eine event. störende Induktionswirkung zwischen dem Aluminiumblättchen und den isoliert eingeführten Platinstreifen des Relaisstromes wird durch eine an dem angenommenen Spannungsabfall anzubringende Korrektur berücksichtigt, geht also in die Konstanten des Apparates ein.

Die Konstanz der Zamboni-Säule oder der Wasserbatterie lässt sich genügend verlässlich durch hermetischen Abschluss erzielen. Der ganze Mechanismus kann gegen aussen vollständig dicht abgeschlossen werden, indem man um *R* und *G* weiche Gummikegelmantelflächen mit der Spitze aufdichtet, während ihre Basen auf dem Deckbrett *A* dicht befestigt werden.

Leoben, Juni 1901.

(Eingegangen 12. Juli 1901.)

Der Durchgang des Schalls durch poröse Substanzen.

Von F. L. Tufts. [1])

Der Zweck der Untersuchung war, die Erscheinungen, welche beim Durchgang direkter Luftströme durch poröse Substanzen auftreten, mit den Erscheinungen zu vergleichen, die beim Durchgang der schwingenden Bewegung der Luftteilchen in einer stehenden Schallwelle durch dieselben Substanzen wahrzunehmen sind.

Die meisten Versuche wurden mit körnigen Substanzen angestellt, die aus gewöhnlichem Bleischrot bestanden. Das gröbste zur Anwendung kommende Material bestand aus einem Schrot von 4.4 mm Durchmesser, ein mittleres Material war aus einem Schrot von 2.8 mm Durchmesser, und das am feinsten gekörnte Material aus einem Schrot von 1.2 mm Durchmesser verfertigt.

Die Beträge der Luftströmung durch diese Substanzen bei verschiedener Dicke derselben wurden bei einer Anzahl verschiedener Drucke mit Hilfe eines empfindlichen Manometers und Gasmessers bestimmt.

Wenn der Ausdruck Druckgefälle die Druckdifferenz per Centimeter Dicke des Materials bezeichnet — dasselbe wird also durch Division der gesamten Druckdifferenz zwischen den beiden Oberflächen der Substanz durch die Dicke erhalten — so sind die Versuchsresultate in Bezug auf den Durchgang von Luftströmen durch solche Substanzen als folgende festgestellt:

Für einen gegebenen Umfang des Schrotes und ein gegebenes Druckgefälle ist der Betrag des Luftstroms durch das Schrot unabhängig von der Dicke des benutzten Materials, der Widerstand, welchen irgend eines dieser Materialien dem Luftstrom durch dasselbe darbietet, ist der Dicke des benutzten Materials direkt proportional.

Für verschiedenes Druckgefälle wachsen die Beträge der Luftströmung durch die verschiedenen Materialien weniger schnell als die Druckgefälle, und diese Differenz in den Zuwachsbeträgen ist bei dem groben Material bemerkenswerter als bei dem feinkörnigen. Infolgedessen werden die Zahlen, welche die Beträge der Luftströmung durch das gröbere Material in Einheiten des Betrages durch das feinste Material ausdrücken, kleiner, wenn das Druckgefälle wächst. Das ist gleichbedeutend mit dem Ausspruch, dass die Widerstände, welche die verschiedenen Materialien der Luftströmung durch sie darbieten, mehr und mehr gleich werden, wenn das Druckgefälle zunimmt. Die bei den Versuchen angewendeten Druckgefälle variierten von 0.01 bis 0.60 Centimeter Wasserdruck per Centimeter Dicke des Materials.

Eine Anzahl verschiedener Anordnungen wurden benutzt, um die Widerstände dieser selben Substanzen gegen den Durchgang der Schwingungen bei stehenden Schallwellen zu bestimmen. In allen Fällen jedoch bestand der wesentliche Charakter der Methode in der Vergleichung der Schwingungsamplituden der stehenden Wellen, wenn abgeänderte Dicken des verschiedenen Materials als Hindernisse in den Wellenzug eingestellt waren. Theoretisch ist der Widerstand, welchen die verschiedenen Materialien der hin- und hergehenden Bewegung der Luftteilchen entgegensetzen, umgekehrt proportional diesen Amplituden. Benutzt man die Reziproken der Amplituden als Mass des Widerstandes, so scheinen durch die Experimente folgende Schlussfolgerungen bestätigt:

Unter sonst gleichen Umständen ist der Widerstand, welchen körniges Material der hin- und hergehenden Bewegung der Luftteilchen in einer stehenden Welle darbietet, der Dicke des Materials proportional. Die Beziehung zwischen den Widerständen, welche verschiedene Materialien bei gleicher Dicke darboten, wurde abhängig gefunden von der Entfernung vom Knoten der Schallwelle, in welcher das Material aufgestellt war. Verminderung der Entfernung vom Knoten hat dieselbe Wirkung auf den relativen Widerstand der Materialien gegen den Durchgang des Schalles, welche die Vergrösserung des Druckgefälles auf den relativen Widerstand derselben Materialien gegen den Durchgang von Luftströmen ausübt. Das heisst also, die Widerstände, welche körniges Material dem Durchgang des Schalles darbietet, werden

1) Ausführlich in Americ. Journ. of Science (4) 11, 357, 1901.

mehr und mehr gleich, wenn die Materialien sich dem Knoten der Schallwelle nähern.

Weitere Beobachtungen über den Durchgang von Schall, sowie von direkten Luftströmen wurden mit porösen Materialien aus Webstoffen, wie Tuch, und mit Materialien, wie Filz und Baumwollgewebe, angestellt. Die Resultate zeigten, dass die Widerstände, welche solche Stoffe dem Durchgang des Schalls und direkter Luftströme darboten, in derselben Art variierten, wie die Widerstände bei körnigem Material unter ähnlichen Bedingungen.

Physikalisches Laboratorium der Columbia-Universität, 17. Juni 1901

(Aus dem Englischen übersetzt von B. Borchardt.)

(Eingegangen 27. Juni 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Das Leben der Materie.

Von Ch. E. Guillaume.[1])

Widersinnig wird es Ihnen erscheinen, spreche ich von einem Leben der Materie. Denn fehlt ihr nicht, nach dem, was wir ihr beilegen, wie dem, was wir ihr absprechen, jede Lebensäusserung? Trotzdem sehen wir ringsumher, wie alles vergänglich ist. Der Stein verwittert, das Glas irisiert und zerfällt in dünne Blättchen, die Metalle werden brüchig und gehen schliesslich zuweilen in Staub auf.

Indessen wissen wir, dass kein Atom verloren geht, und wir dürfen nicht sagen, die Materie sterbe; aber eine bestimmte Form der Materie kann sterben, und um sterben zu können, muss sie gelebt haben. Unter dem Leben der Materie verstehen wir somit lediglich diese langsame und stetige Umbildung, die zuweilen Jahrhunderte andauert, aber stets bestrebt ist, die künstliche Form zu zerstören und eine letzte Form, die den Abschluss aller inneren Umlagerungen bedeutet, zu erreichen. Diese letzte Form kann krystallinisch oder amorph, eine höhere Form oder der Zerfall in die letzten Bestandteile sein. Solange sie nicht erreicht ist, lebt die Materie und verändert sich. Sie wandelt sich, indem sie sich wie ein lebender Organismus den gegebenen Existenzbedingungen anpasst; sie widerstrebt zuweilen mit Erfolg der Umwandlung, hört aber auf, unter ihrer gegenwärtigen Form zu existieren, sind ihr die äusseren Umstände zu ungünstig.

Die Goldmacher behaupteten die Einheit der Materie, sprachen ihr Leben zu und Entwickelung; und dieser Glaube, welcher das Suchen nach dem Stein der Weisen erklärlich macht, war jahrhundertelang der Leitstern der Alchymie. Als sich die Chemie zu entwickeln begann, glaubte sie über jenen Glauben ein wohlverdientes Strafgericht ergehen lassen zu müssen, da sie die Elemente als für sich bestehende Gebilde betrachtete und die Umwandlung für eine vollkommene Unmöglichkeit hielt. Heute wird diese Ansicht weniger zuversichtlich vorgetragen; obgleich man die Umwandlung noch immer nicht durchzuführen vermag, ist man doch durchaus geneigt, zuzugeben, dass der Übergang von einem Element zu einem anderen im wahren Sinne des Wortes möglich sei.

Lassen Sie uns einen Augenblick bei dieser Vorstellung von der Einheit der Materie verweilen. Freilich ist sie bei den Alchymisten vager Glaube und in den Köpfen der meisten ihrer Adepten ohne jegliche Begründung, aber trotzdem ist sie nicht so sehr ohne jeden Zusammenhang mit der Spekulation oder der Erfahrung, wie häufig angenommen wird. Wie soll anders die augenscheinliche Verwandtschaft der chemischen Elemente, die für uns die einfachsten Körper sind, erklärt werden, nehmen wir nicht für alle einen gemeinsamen Ursprung an? Alles deutet doch darauf hin, dass die Elemente Familien bilden, und es hiesse diese augenscheinliche Thatsache leugnen, wollte man behaupten, dass sie vollständig ohne Beziehung zu einander seien.

Aber noch mehr; es giebt eine Eigenschaft, durch die sie alle gleich erscheinen, ihre Schwerkraft. Diese wichtigste von allen in der Natur vorkommenden Konstanten ist für alle Körper dieselbe, welcher Art sie auch angehören und wie ihre chemische Zusammensetzung oder ihr physikalischer Aggregatzustand auch sein mag. Obwohl wir im stande sind, einen Körper vollständig von einem anderen zu unterscheiden, so würden wir sie doch für identisch halten müssen, wenn ihre gegenseitige Anziehung die einzige Eigenschaft wäre, die wir an ihnen messend verfolgen könnten.

Anderseits berechtigen uns bewunderungswürdige Forschungen der letzten Jahre zu der Annahme, dass es uns gelang, das chemische Atom durch elektrische Entladungen in Gasen zu spalten. Die Zusammengesetztheit des Atoms, die man lange vermutet, ist damit eine handgreifliche Thatsache geworden. Vielleicht

1) Ansprache bei der Eröffnungsfeier der Schweizerischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Neuenburg, den 31. Juli 1899.

ist das Teilatom, das man schon isoliert zu haben scheint, vielleicht auch ein noch weiter gespaltetes Körperchen der letzte Baustein der Materie, dessen einzelne Repräsentanten alle identisch sind, und welcher auf die von ihm gebildeten sichtbaren Körper die einzige additive Eigenschaft, die er besitzt, überträgt, nämlich die Masse. Das erste Newtonsche Gesetz ist, von diesem Standpunkte aus betrachtet, nur ein anderer Ausdruck für die Thatsache, dass nur die Massenanziehungskräfte ohne Beeinträchtigung durch alle Schirme hindurch ausgeübt werden.

Ist an alledem etwas Wahres und machen wir uns keine Illusionen, wenn wir eine Spaltbarkeit des Atoms in gleichartige Elemente annehmen, welcher Art die Materie, aus der dasselbe hervorging, auch sei, so nähern wir uns damit den Träumen der Alchymisten.

Aber nicht mit diesen Entwickelungen, noch mit ihrer Möglichkeit wollen wir uns beschäftigen. Selbst wenn die beobachteten Erscheinungen richtig gedeutet wurden, was nicht zweifellos feststeht, so ist jedenfalls Thatsache, dass es bis heute noch nicht gelungen ist, aus diesen gespaltenen Atomen wieder wägbare Mengen von Materie herzustellen, die von der Ausgangsmaterie verschieden gewesen wäre. Es wäre daher lediglich Phantasiearbeit, wollten wir weiter dabei verweilen. Meine Absicht ist weniger hochfliegend, das gebe ich zu; aber man kann das Leben der Materie noch in einem anderen Sinne betrachten, ohne den festen Boden der Erfahrung und der sichergestellten Resultate zu verlassen.

So interessant, ja fesselnd das Studium der Lebensformen der Materie ist, so ist es niemals Zweck, sondern nur Mittel. Giebt es wohl ein tieferes Geheimnis, als das des Lebens im organischen Wesen? Ein Geheimnis, so unergründlich, dass grosse Philosophen der Menschheit von vornherein die Aussicht absprachen, es je zu ergründen. Indessen gaben uns die wunderbaren, ohne Unterbrechung aufeinander folgenden Entdeckungen immer wieder von neuem Vertrauen auf den endlichen Sieg der Wissenschaft, für die es, so scheint es heute fast, keine unlösbaren Probleme mehr giebt. Räumen wir das ein, findet also jedes wissenschaftliche Problem, das sich unsrem Geiste darbietet, früher oder später seine Lösung, so giebt es jedenfalls kein gewaltigeres und bedeutenderes, als das des Lebens.

Es würde vermessen sein, wollten wir dieses ungemein komplizierte Problem von der Front her in Angriff nehmen. Es ist ihm vielleicht besser beizukommen, greifen wir es von verschiedenen Seiten her an; und giebt es eine Etappe, die uns zu dem Verständnis seiner Grundlagen vorzubereiten vermag, so ist es jedenfalls das Studium der Lebensformen in der unbelebten Materie.

Ehe die mächtigen modernen Mikroskope uns Klarheit über die Veränderungen der organischen Materie unter Einwirkung der Mikroorganismen gaben, konnten wir nur Veränderungen der Gesamtheit, deren Natur unerklärt blieb, konstatieren. Die Prozesse der Gärung, der Fäulnis, der Salpeter-Auswitterung waren zum Beispiel bekannt und ihr Verlauf genau festgestellt, aber zu ihrer Erklärung war man auf Vermutungen angewiesen.

Dem Menschen, welcher auf seine Sinne allein angewiesen wäre, würde es ebenso schlecht ergehen, wie einem Riesen von mehreren Tausend Kilometern Grösse, der bemerken würde, dass sich eine Region unserer Erde zu einer bestimmten Jahreszeit grün, darauf gelb und schliesslich weiss färbt, der aber wegen seiner Grösse von der Existenz der Kräuter, der Bäume und des Schnees nichts wahrnähme. Eine kleine Rauhigkeit der Oberfläche, die ihm tausend Jahre zuvor nicht aufgefallen war, würde ihm sichtbar werden und ihn zu der Frage veranlassen, welche Ursache sie haben möge, da sie ganz von selbst und ohne jede Ursache entstanden zu sein scheint: die einzige Spur dessen, was die Menschen in diesen tausend Jahren geschafft haben, in denen sie eine Stadt erbauten.

Vielleicht würde unser Riese dazu gelangen, mit einem seiner Grösse entsprechenden Mikroskope Bäume, Häuser und schliesslich Menschen zu erkennen, und dann würde ihm alles verständlich werden; er würde begreifen, wie sich durch unaufhörliche Arbeit kleiner Lebewesen die Stadt vergrösserte und allmählich die Oberfläche der Erde veränderte.

Analog haben wir uns die Gärungsprozesse als die unermüdliche Arbeit der Mikroorganismen erklärt, deren Grösse zu der eines Moleküls in demselben Verhältnis steht, wie unsere Grösse zu der eines Sandkornes, und denen eine Zelle ist, was uns ein Haus. Darum können diese Mikroorganismen auf die letzten Elemente der lebenden Materie individuell, wie Gleiches auf Gleiches wirken.

Sobald das Mikroskop bei der Erforschung der trägen Materie angewandt wurde, enthüllten sich ähnliche Geheimnisse. Hatte man sich bis dahin mit der Konstatierung langsamer Veränderungen begnügen müssen, so vermochte man sie nun zu zergliedern und an ihren Elementen zu erforschen, wenn auch nicht am Molekül, das uns ewig unsichtbar bleiben wird, so doch am Krystall, dem grundlegenden Bausteine der Materie.

Wem die Ehre gebührt, die ersten Beob-

achtungen in dieser Richtung gemacht zu haben, ist nicht leicht festzustellen, aber die Namen derer, welche auf diesem Gebiet die grössten Erfolge aufweisen konnten, will ich Ihnen wenigstens ins Gedächtnis zurückrufen, es sind Sir W. Roberts-Austen, sowie die Herren Osmond, Stead, Guillemin und Charpy.

Fragen wir uns einmal, wie Wärme auf hartes Messing wirkt, das zum Glühen gebracht wird, so antwortet die alte Physik, das sei ein Geheimnis; die moderne Physik zeigt uns dagegen, dass hartes Messing aus kleinen Krystallfragmenten zusammen gesetzt ist, die innig mit einer Masse vermischt sind, welche sie vollständig durchsetzen. Im Gegensatz dazu sind die Krystalle in dem geglühten Messing vollkommen hergestellt und von der Masse getrennt; sie sind verhältnismässig hart, während die Masse, welche sie umgiebt, plastisch ist. Diese Krystalle konnten sich natürlich nur infolge einer Molekularbewegung im Innern des Metalls bilden, einer Bewegung, welche nicht mehr, wie die Wärmebewegung, von molokularer Dimension ist, sondern von einem erheblich grösseren Bereich, welcher hundertstel, ja sogar zehntel Millimeter erreicht.

Sobald sich die Krystalle auf Kosten der sie umgebenden Masse vollständig ausgebildet haben, ist der Prozess des Ausglühens beendigt, das Metall gelangte zur weiterhin unveränderlichen Form, es hat aufgehört zu leben.

Isolieren und analysieren wir diese Krystalle, was uns möglich ist, so ergiebt sich, dass sie eine einfache chemische Zusammensetzung mit bestimmten Bestandteilen an Kupfer und Zink oder an Kupfer und Zinn haben. Diese Mischungen, deren Zusammensetzung in Anbetracht der in Frage kommenden chemischen Verwandtschaften die bestmögliche ist, haben sich zusammengefunden, indem sie von der Vergrösserung der Beweglichkeit Nutzen zogen, die den Molekülen von der Wärme erteilt wird.

Wo hört denn die Beweglichkeit der Moleküle in einem festen Körper auf? Dieselbe hat einen viel grösseren Umfang, als man denkt; ein Experiment von Sir W. Roberts-Austen möge das erhärten:

Legte er eine goldene Platte auf den Boden eines Bades von geschmolzenem Blei, so fand er, nachdem die Masse erstarrt war, Spuren von Gold in der Nähe der Oberfläche des Bades. Diese Thatsache bietet noch nichts, was uns merkwürdig erscheinen könnte, denn wir haben hier einfach eine gegenseitige Auflösung der Metalle. Aber der Versuch wurde bei 250^0 mit schon erstarrtem Blei wiederholt, sodann bei 200^0 und schliesslich bei 100^0. Im letztgenannten Falle blieb ein kleiner Bleicylinder mit einer reingoldenen Platte 41 Tage lang in Kontakt, und nach Verlauf dieser Zeit wurden bis zur oberen Endfläche des Cylinders Spuren von Gold gefunden.

Für denjenigen, welcher diesem Versuch unvorbereitet entgegentritt, erscheint die Thatsache geradezu unglaublich; wir wissen indessen, dass Stahl, indem man ihn in Berührung mit Kohle bringt, während er bis zur Rotglut erhitzt ist, gehärtet wird. Die chemische und mikroskopische Analyse haben ergeben, dass die Kohle in den Stahl eindrang und zwar zuweilen bis zu einer grossen Tiefe. In diesem Fall kommen nur Molekularkräfte zur Geltung; substituiert man ihnen aber äussere Kräfte, so kann man viel stärkere Wirkungen erhalten. So wussten wir schon durch einige schöne Versuche des Herrn W. Spring, dass Kupfer und Zinn, werden sie stark gegeneinander gepresst, zusammen geschweisst werden, und dass das Metall auf beiden Seiten des Kontaktes aus nichts anderem als Bronze besteht.

Nicht nur Druckkräfte, sondern auch andere Kräfte können die Molekularbewegungen begünstigen. Füllen wir z. B. Quecksilber oder Schwefelsäure in einen Glasballon, tauchen diesen darauf in Natriumamalgam und lassen nun den elektrischen Strom von aussen nach innen gehen. Temperaturerhöhung begünstigt den Prozess sehr, indessen gelingt derselbe auch in der Kälte. Nach einiger Zeit kann man feststellen, dass das Natrium infolge der Elektrolyse durch das Glas gewandert ist und sich in der den Ballon füllenden Flüssigkeit aufgelöst hat. Besteht das Glas hauptsächlich aus kohlensaurem Natron, so kann es von jedem kleineren Molekül durchwandert werden, z. B. von Lithium. Zuerst wandert nämlich die Soda des Glases, die durch Lithium ersetzt wird; setzt man die Elektrolyse weiter fort, so erscheint das Lithium auf der inneren Oberfläche und das ausserhalb des Ballons befindliche Lithium ersetzt es ununterbrochen. Die Färbung des Glases wird hierbei allmählich milchig, seine Festigkeit geringer und das spezifische Gewicht kleiner.

In dieser Art könnte ich noch manches Beispiel aufzählen, indessen beweisen die soeben angeführten im Überfluss, dass die Molekularverschiebungen in den festen Körpern sehr beträchtliche Dimensionen annehmen können und sich nicht mehr, wie in unserem ersten Beispiel auf Hundertstel Millimeter, sondern auf Millimeter und Centimeter beziffern können.

Nachdem diese Thatsache an einfachen Erscheinungen unwiderleglich sicher festgestellt ist, wollen wir jetzt zu dem Studium komplizierterer übergehen.

Wird ein Stahlstab einem genügenden Zug unterworfen, um seinen Bruch herbeizuführen, so bildet sich zuerst eine Einschnürung und zwar dort, wo der Bruch erfolgt. Sobald diese Einschnürung sichtbar wird, hören wir auf zu

ziehen und führen nun den Cylinder durch Abdrehen auf einen konstanten Durchmesser zurück. Fangen wir jetzt noch einmal an zu ziehen, so bildet sich wieder eine Einschnürung, diesmal aber an einer anderen Stelle, wie zuerst.

Wir können den Vorgang öfter wiederholen und jedesmal bildet sich die Einschnürung an einer anderen Stelle, wie uns der Kommandant Hartmann zeigte[1]). Müssen wir hier nicht schliessen, dass sich das Metall an der Stelle, wo sich der Querschnitt des Stabes verringerte, also an der Einschnürung, verhärtete und veränderte, um der Zerstörung widerstehen zu können?

Einige Legierungen zeigen diese Erscheinung in einem ungewöhnlich hohen Grade. Verschiedene Stahl-Nickellegierungen können z. B. in zwei völlig voneinander verschiedenen Zuständen existieren; in dem einen sind sie unmagnetisch, mittelhart und dazu sehr geschmeidig, im anderen sind sie magnetisch, hart und zerbrechlich. Im zweiten Zustande liegt die Elastizitätsgrenze höher und die Belastung, welche ohne äussere Erschütterung einen Bruch herbeiführt, hat einen grösseren Wert als im ersten Zustand. Unterwerfen wir einen Stab aus dieser Legierung im ersten Zustande einem energischen Zuge, so verlängert er sich beträchtlich, zuweilen um seine ganze Länge und bricht darauf glatt und ohne jede Einschnürung durch. Betrachten wir nun das Metall, so zeigt sich, dass es aussieht, wie wenn es gehärtet worden wäre, während es doch zu Beginn des Versuches weich war.

Die Erklärung für diese Umwandlung in ihrem ganzen Umfange ist einfach. In dem Augenblicke, wo die erste Zusammenschnürung sich bilden will, wird die Legierung an dieser Stelle hart und weniger geschmeidig und hört auf, sich zusammenzuziehen. Die Zusammenschnürung muss infolgedessen jetzt an einer anderen noch weichen Stelle auftreten, darauf an einer dritten u. s. w. und so wandert die wahrscheinliche Bruchfläche von einem Ende des Stabes bis zum anderen, bis die Umwandlung überall vor sich gegangen ist. Jetzt erst kann der Bruch eintreten. Somit erschöpfte der Stab alle ihm zu Gebote stehenden Hilfsmittel, um im ursprünglichen Zustande verharren zu können, und gab erst nach einem sozusagen heroischen Widerstande nach.

Diese Stahl-Nickellegierungen bieten uns übrigens die seltsamsten Probleme. So kann man beobachten, dass sich ein Stab von 1 m Länge unter Einwirkung grosser Kälte in einigen Sekunden um mehrere Zehntel Millimeter verlängert. Wer diese Erscheinung das erste Mal sieht, hat ungefähr den Eindruck, als ob die leblose Materie plötzlich Leben gewänne.

Verändert man die äusseren Verhältnisse, speziell die Temperatur und etwa auch den Druck, dem gewisse von diesen Legierungen unterworfen sind, so verändert sich die chemische Zusammensetzung und zwar für einen Teil schnell und für einen kleinen Rest langsam. Man kann während mehr als einjähriger Beobachtung verfolgen, wie ein Stab von einer gewissen Stahl-Nickellegierung allmählich seine Länge ändert. Der herrschenden Temperatur entsprechen veränderte Existenzbedingungen der Legierung, die sie langsam und so lange zu erreichen bestrebt ist, bis ihr das vollständig gelang.

Ebenso verhält es sich mit einer grossen Anzahl von Körpern. Lassen wir auf Glas einen äusseren Druck wirken, so biegt es sich langsam, aber bald hört die Biegung auf. Es haben sich nämlich die chemischen Verbindungen, aus denen es besteht, derart verändert, dass sie im stande sind, sich den äusseren Kräften anzupassen; das Glas kehrt, sobald die Druckkräfte aufhören, langsam, indem es die anfänglichen Verbindungen allmählich wieder herstellt, in seine erste Form zurück. Das Glas passte sich also, ganz wie ein lebender Organismus, den äusseren Bedingungen an.

Zahlreiche Beispiele der Anpassung bieten uns die Phänomene der Optik. Lassen Sie uns einmal die phosphoreszierenden Körper ins Auge fassen. Zweifellos steht fest, dass diese Körper sämtlich feste Lösungen sind, der Art, dass mit einem meist zusammengesetzten Körper eine im Verhältnis zu diesem kleine Menge eines anderen Körpers verbunden ist. Diese Verbindungen verändern sich nun unter der Einwirkung von Licht. Sobald diese aufhört, stellt sich, zuweilen schnell, oft aber ausserordentlich langsam, die ursprüngliche Verbindung wieder her, indem die Substanz zu leuchten beginnt.

Indessen ist gewöhnlich ein kleiner Teil der Kombination, die sich unter der Einwirkung des Lichtes bildete, mit den neuen Bedingungen vereinbar, und die Wiederherstellung hört infolge dessen ein wenig eher, als der definitive Gleichgewichtszustand erreicht ist, auf. In dieser sozialen Einheit werden sozusagen einige unbotmässigen Vereinigungen geduldet, die sich unbestimmt lange erhalten könnten. Lässt man aber gewisse rote oder infrarote Strahlen auf den Körper fallen, so bemerkt man alsbald ein schwaches Leuchten, veranlasst durch die energische Austreibung der usurpatorischen Elemente und ihren definitiven Ersatz durch die legitimen Atome, bis das Gleichgewicht endgültig hergestellt ist.

1) M. Fourier machte uns darauf aufmerksam, dass die aufeinanderfolgenden Einschnürungen nach seinen Versuchen um das Doppelte ihrer Länge voneinander entfernt sind; die Masse ist also bis zu einer kleinen Entfernung über die sichtbare Einschnürung hinaus verändert worden.

Wenden wir hierauf die Sprache der Physiker an, so muss es heissen: das physikalisch-chemische Gleichgewicht der phosphoreszierenden Körper ist eine Funktion des die Phosphoreszenz erregenden Lichtes, aber diese Funktion enthält ein Reibungsglied. Das infrarote Licht wirkt auf den Körper, wie Erschütterungen auf einen Sandhaufen und hebt die Wirkung der Reibung auf.

Von einem gewissen Gesichtspunkte aus betrachtet, bieten uns die phosphoreszierenden Körper geradezu das Bild eines sozialen Organismus. Vielleicht das schönste Beispiel, das uns hier die unbelebte Materie bietet, haben wir in der Farbenphotographie nach dem Verfahren von Becquerel:

Lassen wir auf graues Chlor- oder Jodsilber Licht von einer bestimmten Wellenlänge auffallen, z. B. rotes Licht, so färbt sich die Verbindung nach kurzer Zeit rot. Lässt man nun grünes Licht einwirken, so ändert sich die rote Farbe, indem sie trübe und schmutzige Farben durchläuft, und wird schliesslich gleichmässig grün.

Was ist in dem Körper vor sich gegangen? Es ist eine bekannte Thatsache, dass ein Pigmentfarbstoff einfach die Natur des Lichtes zeigt, welches er reflektiert, welches ihn also nicht durchdringt. Sobald die roten Lichtstrahlen das Chlorsilber treffen, werden sie von diesem absorbiert, und es verwandelt sich unter der Einwirkung dieser äusseren Energiequelle, indem es aufs Geratewohl alle Zustände, die es annehmen kann, durchläuft. Sobald es aber in einem dieser Zustände rot ist, wirft es das Licht jetzt zurück und wird nicht weiter von ihm beunruhigt. Kommt eine andere Farbe zur Wirkung, so beginnt derselbe Verlauf von neuem.[1])

Kurz, das Chlorsilber verteidigt sich und wandelt sich um, um sich besser schützen zu können. Ihm ist das Licht gleichsam der Feind und es ändert ohne Unterlass sein Verteidigungssystem, damit es nicht unaufhörlich gestört wird. An seiner Grenze errichtet es ein den Kräften des Feindes angepasstes Befestigungssystem, das immer bereit ist denselben zurückzuschlagen. Haben wir hier nicht ein sehr merkwürdiges Ebenbild eines Organismus oder eines wohlgeordneten sozialen Staates?

In diesem Falle streifen wir schon physiologische Probleme. Das Chlorsilber bietet uns nicht nur ein ungefähres Bild des Instinktlebens, sondern der Farbenwechsel, den es unter der Lichtwirkung erfährt, hat eine schlagende Ähnlichkeit mit den gleichartigen Veränderungen, welche gewisse Substanzen aufweisen, die im lebenden Organismus eine hervorragende Rolle spielen. Es sei hier nur an das Chlorophyll, an das bei den Negern besonders stark entwickelte Hautpigment und an den Sehpurpur erinnert. Wenigstens kann man für die beiden zuletzt angeführten Beispiele unmöglich eine vollständige Anpassung an die Verhältnisse, wie sie das irdische Leben bietet, leugnen; und zwar gilt das nicht allein für ihre Eigenschaften selbst, sondern auch für die Art ihrer Empfindlichkeit, welche ihnen durch die Natur des Sonnenlichtes aufgeprägt ist.

Eine kurze Abschweifung wird uns diese Analogie noch mehr zum Bewusstsein bringen. Es ist auf den ersten Blick erstaunlich, dass die Neger, welche den glühendsten Sonnenstrahlen ununterbrochen ausgesetzt sind, die am meisten absorbierende Hautfarbe besitzen, da diese ihnen die Sonnenstrahlung unerträglich machen muss. Bei näherem Zusehen aber überzeugen wir uns bald, dass dieser Eigentümlichkeit kein Irrtum der Natur zu Grunde liegt. Alle, die einmal mit Unterbrechungen im starken Sonnenlichte verweilt haben, machten sicherlich die Erfahrung, dass die intensive Strahlung ohne Beschwerde ertragen wird, sobald die Haut jene schöne Kupferfärbung angenommen hat, welche die Alpinisten gewöhnlich von ihren Ausflügen mitbringen. Herr Mosso konstatierte, indem er diese Beobachtung verallgemeinerte, dass man die Sonnenstrahlung auf hohen Bergen besser erträgt, bemalt man sich mit Russ, macht man sich also, mit anderen Worten, für diesen Zweck zum Neger. Der Grund ist einfach; die Haut leidet vor allem unter der Bestrahlung durch kurze Wellenlängen, eine Thatsache, die uns zugleich die ausserordentliche Empfindlichkeit der Albinos diesen Strahlen gegenüber erklärt. Man muss somit vor allem den violetten und den ultravioletten Strahlen den Zutritt zur Haut verwehren.

Was den Sehpurpur betrifft, der uns die Formen, aber nicht die Farben zu erkennen gestattet und durch seine wunderbare Empfindlichkeit das Sehen in der Dämmerung ermöglicht, so scheint er bei allen Tierarten, die damit ausgestattet sind, ein Maximum von absorbierender Kraft und infolgedessen von Empfindlichkeit in derjenigen Region des Sonnenspektrums zu besitzen, wo die Energie im Maximum ist. Mit anderen Worten, er nützt das weisse Licht so gut als möglich aus, er hat sich diesem Lichte angepasst.

So haben wir uns schon ziemlich weit von der anfänglichen Auffassung des Lebens der Materie entfernt. Indessen die Thatsache, dass

1) Hierbei verweise ich auf die schöne Arbeit von Herrn Otto Wiener: Farbenphotographie durch Körperfarben und mechanische Farbenanpassung in der Natur. (Wied. Ann. 55, 225, 1895).

wir allmählich weitergehend und ohne durch eine Diskontinuität gestört zu werden, von den Eigenschaften der unorganischen isolierten Materie bis zu der Rolle gelangten, welche sie im lebenden Organismus spielt, zeigt uns, dass es durchaus nicht unbesonnen war, als wir uns auf die einfachen, an der trägen Materie beobachteten Erscheinungen stützten, um diejenigen besser zu verstehen, welche die lebende Materie darbietet.

Aber wir müssen zum Schluss kommen. Vielleicht werden sich kühne Geister, die es lieben, sich an der Spitze ferner Möglichkeiten zu sehen, unter Nichtachtung der trennenden Gebiete und ihrer Schwierigkeiten, versucht fühlen, eine Brücke zu schlagen und den wahren Zusammenhang zwischen unorganischer und lebender Materie zu suchen.

Es ist möglich, dass diese Brücke eines Tages gebaut wird. Ihr Vorhandensein schon heute behaupten und sie schon jetzt begehen zu wollen, hiesse voreilig vorwärts dringen und sich zahlreichen Irrtümern aussetzen. Lassen Sie uns nicht zu weit über das hinausgehen, was uns die Erfahrung lehrt, sondern lieber geduldig warten und unsere Ideen einer allmählichen, aber sicheren Entwickelung bis zur Vollendung überlassen. Vielleicht werden späterhin enge Beziehungen gefunden, welche kühnere Schlüsse rechtfertigen. Unseren Ausgangspunkt fest im Auge, wollen wir uns darauf beschränken, die Umwandlungen der Materie wie ein inneres Leben zu betrachten, um sie selbst besser begreifen zu können und gleichzeitig unsere Einsicht bei der Erforschung des wahren Lebens zu vertiefen.

Die Wissenschaft nährt sich von Hoffnung und angestrengter Arbeit. Mehr behaupten, als man beweisen kann, ist nicht Sache eines Mannes der Wissenschaft; das hiesse sein Pfund schlecht verwalten und denen Recht geben, welche die Wissenschaft nur aus ihren Schmarotzerwerken kennen und darum behaupten, sie habe ihre Mission verfehlt.

(Aus dem Französischen übersetzt von Frida Hansmann.)

(Eingegangen 19. Juni 1901.)

REFERATE.

Elektrotechnik.
Besorgt von Professor Dr. **Th. Des Coudres.**

Über die auf der „Internationalen Ausstellung für Feuerschutz und Feuerrettungswesen, Berlin 1901“ ausgestellten elektrischen Apparate.

Ende Mai dieses Jahres wurde am Kurfürstendamm bei Berlin die erste internationale Ausstellung für Feuerschutz und Feuerrettungswesen eröffnet. Im folgenden sollen die interessantesten der zahlreich vertretenen elektrischen Apparate, welche in mehr oder minder innigem Zusammenhang mit der Feuersicherheitstechnik (Gruppe IV) stehen, kurz besprochen werden.

Beginnen wir mit einer allgemeineren Übersicht über die Feuermelde- und Alarm-Einrichtungen.

Neben den sogenannten Innenmeldern kommen besonders die öffentlichen, im Freien angebrachten Feuermelder in Betracht, deren Konstruktion etwa folgende ist: In einem gegen Witterungseinflüsse und mechanische Beschädigungen schützenden eisernen Gehäuse befindet sich ein Uhrwerk, welches durch Druck oder Zug an einem Knopf von dem Meldenden ausgelöst wird.

Das Uhrwerk bethätigt eine am Rande mit Einschnitten versehene, dem Zeichen des Melders entsprechende Kontaktscheibe, wobei eine Feder über die Zähne resp. Einschnitte der Kontaktscheibe hinweggleitet. Durch die Umdrehung dieses Kontaktrades wird nun das dem Melder zugehörige Morsezeichen auf dem in den Stromkreis eingeschalteten Telegraphenapparat auf der Feuerwache mehrmals automatisch niedergeschrieben, während gleichzeitig eine Alarmvorrichtung in Thätigkeit tritt. Das jeweilige Morsezeichen unterrichtet sofort über den Ort der Meldung, so dass fast gleichzeitig mit dem Empfang des Feuermeldesignals die nötigen Anordnungen zum Ausrücken der Feuerlöschmannschaften gegeben werden können.

Bei ausgedehnteren Terrains, wo wegen der Kostspieligkeit eine Anbringung von Feuermeldern in den üblichen Abständen nicht angängig ist, werden die einzelnen Gebäude eines grösseren Komplexes durch eine Leitung mit dem nächsten Feuermelder verbunden, derart, dass durch einfaches Drücken eines Kontaktknopfes der Melder elektrisch ausgelöst wird.

In neuester Zeit werden auch die Feuermelder für Unfallmeldungen dienstbar gemacht. Zu diesem Zweck erhält der Melder ein besonderes Kontaktwerk mit dem für die Unfallmeldung bestimmten Zeichen.

Die Alarmierung der Feuerwehrmannschaft erfolgt meistens von der Centrale aus durch Induktorbetrieb und polarisierte Wecker.

In kleineren Städten kommen zu dem gleichen Zweck auch Turmglocken-Alarmanlagen oder grosse Läutewerke, ähnlich den bei der Eisenbahn gebräuchlichen, zur Anwendung.

Was die Betriebsarten der Feuermelde- und

Alarmanlagen betrifft, so werden neben dem Arbeitsstrombetrieb, der den Vorteil geringerer Unterhaltungskosten bietet, der deutsche oder amerikanische Ruhestrombetrieb angewendet.

Der Ruhestrombetrieb gestattet eine selbstthätige Kontrolle über den Zustand der Leitungen und Apparate und ist daher dem Arbeitsstrombetrieb vorzuziehen.

Während die Anlagen mit deutschem Ruhestrom den Nachteil erhöhter Unterhaltungskosten aufweisen, vereinigt der amerikanische Ruhestrombetrieb in sich die Vorteile des Arbeits- und des deutschen Ruhestromes, ohne die Nachteile derselben zu besitzen.

Die Schriftzeichen werden wie beim Arbeitsstrombetrieb durch Anzug des Schreibhebelankers des Morseapparates hervorgebracht, während im Ruhezustande ein Kontrollstrom die Leitungen und Apparate durchfliesst.

Bei vielen Feuermelde-Anlagen sind die Melder permanent mit Fernsprechern ausgerüstet, zum Zwecke der Verständigung der Mannschaften mit der Wache bei der Kontrolle der Apparate.

Empfehlenswerter sind transportable Apparate, die nur im Bedarfsfalle am Melder in die Leitung eingeschaltet werden.

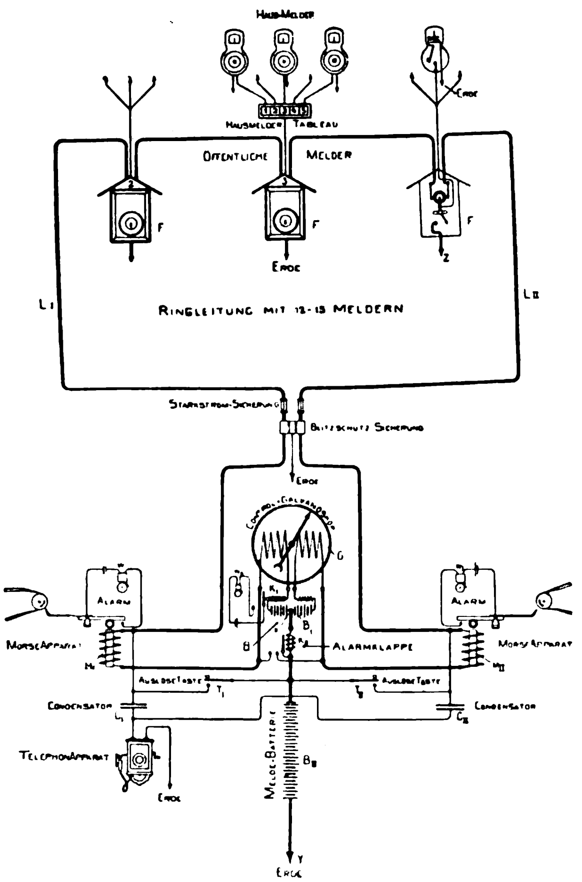


Fig. 1.

Von Einzelheiten mag zunächst die Feuermelde-Anlage auf dem Ausstellungsplatz selbst, die als Musteranlage dienen kann, etwas ausführlicher beschrieben werden.

Sie ist von der A.-G. Mix & Genest, Berlin, nach deren eigenem Feuermeldesystem ausgeführt worden.

Eine grössere Anzahl (ca. 10—12) Melder sind in eine Ringleitung eingeschaltet, welche zur Feuerwache führt. Bei der Anlage, die in Fig. 1 schematisch dargestellt ist, sind die Vorteile des deutschen Ruhestrom- und Arbeitsstrombetriebes ohne ihre Nachteile dadurch vereinigt, dass einerseits der Strom einer Kontrollbatterie B_1 die Ringleitung, die Melder F und das Kontrollgalvanoskop G dauernd durchläuft, mithin jeden Leitungsfehler im Galvanoskop resp. durch einen mittels Fallklappe K_1 bethätigten Wecker W_1 anzeigt; andererseits erfolgt der Feuermeldebetrieb mit Arbeitsstrom durch die kräftige Batterie B_2, die nur während der Zeit der Feuermeldung selbst in Thätigkeit tritt und bei X über einen Fallklappenelektromagneten an die Ringleitung angeschlossen, bei Y geerdet ist.

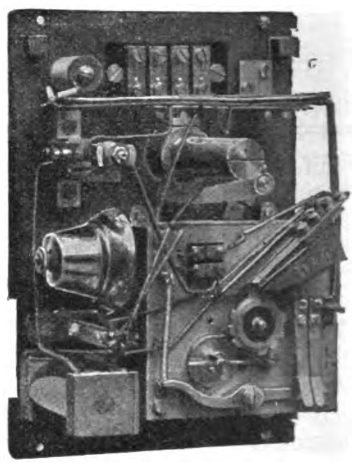


Fig. 2. (Melder innen.)

Die Melder (vgl. Fig. 2) enthalten das Typenrad, welches beim Ablauf mittels zweier Kontaktfedern die beiden Hälften der Ringleitung gleichzeitig einschaltet oder isoliert, ferner einen Auslösemagnet für das Laufwerk und endlich einen Schalter, der den Melder beim Betrieb bei Z an Erde legt.

Der Vorgang des Meldeverkehrs ist nun derartig, dass der bethätigte Melder zunächst in den Stromkreis nur eingeschaltet und später erst von der Centrale aus auf elektrischem Wege ausgelöst wird. Ist ein Melder geerdet worden, so teilt sich der Stromkreis der Batterie B_2 hinter dem Melder in die beiden Leitungszweige L_1 und L_2 und geht über die

beiden Morseapparate M_1 und M_2 und die beiden Spulen des Galvanoskops zum Elektromagnet der Alarmklappe K_2 und der Batterie zurück.

Die Alarmklappe fällt und bezeichnet die betreffende Rundleitung, von der aus gemeldet wird, die Alarmwecker ertönen, während die beiden Morseapparate zusammenhängende Linien schreiben. Erst durch einen kurzen Druck auf die beiden Auslösetasten T_1 und T_2 wird das Laufwerk des betreffenden Melders ausgelöst.

Bei dem Druck der Taste tritt nämlich infolge Kurzschlusses der hohen Widerstände der Morseapparate eine Stromverstärkung ein, welche den Auslöse-Elektromagneten bethätigt.



Fig. 3. Hausmelder.

Beide Morseapparate schreiben nun das vom Typenrad gegebene Zeichen je fünfmal; gleichzeitig ertönt im Melder eine Rückmeldeglocke. Das abgelaufene Laufwerk des Melders schaltet diesen alsdann automatisch von Erde ab und die Ringleitung ist für weitere Meldungen betriebsfertig. Auch für den Fall einer Leitungsstörung ist das richtige Eintreffen der Meldung über den unversehrten Teil der Leitung immer noch gewährleistet.

Das System gestattet ferner die gleichzeitige Feuermeldung von zwei Meldern. In diesem Falle schreiben die Morseschreiber gleichzeitig die Zeichen je einer dieser Melder fünfmal, da dann jede Meldung über nur einen Leitungszweig läuft.

Wird andernfalls ein zweiter Melder eingeschaltet, während ein anderer noch im Ablaufen begriffen ist, so giebt der eine Morseschreiber die Zeichen des letzteren, während der zweite Morseschreiber eine fortlaufende Linie schreibt, als Zeichen, dass ein zweiter Melder bethätigt wurde. Ein Druck auf die zugehörige Taste löst alsdann auch diesen zweiten Melder aus und bewirkt nun die fünffache Niederschrift seines Zeichens. Wird endlich zwischen zwei gleichzeitig ablaufenden Meldern noch ein dritter bethätigt, so wird dieser Vorgang auf der Centrale dadurch beobachtet, dass nach beendeter Niederschrift der Zeichen zweier Melder, die bei den Morseschreiber fortlaufende Linien schreiben, der dritte Melder kann dann ohne weiteres ebenfalls ausgelöst und die Meldung auf beiden Morseapparaten empfangen werden. Wie gross auch in einer und derselben Ringleitung die Zahl der gleichzeitig oder nacheinander bethätigten Melder sein mag, sie kommen alle zur Auslösung und richtigen Abgabe ihrer Zeichen. Fig. 3 stellt die äussere Ansicht der an die Hauptmelder angeschlossenen Hausmelder dar, während Fig. 4 das Bild einer Feuermeldecentrale nach dem Mix & Genestschen System wiedergiebt.

Das Feuermeldesystem Mix & Genest lässt auch das Telephonieren und Telegraphieren auf den Meldeleitungen zu.

Das Telephonieren kündigt sich auf der Wache durch das Fallen der kleinen Signalklappe K_2 und Ertönen des Signalweckers W_2 an, während das Ankündigungssignal für das Telegraphieren durch das Drücken auf eine Taste im Melder gegeben wird, wodurch beide Fallklappen, alle Wecker und die beiden Morseapparate auf der Centrale bethätigt werden.

Das Telephonieren geschieht mit Hilfe eines Taschen-Mikrotelephons in Etuisform (Fig. 5) das an jeden Feuermelder angestöpselt werden kann, wodurch derselbe selbstthätig aus der Ringleitung ausgeschaltet wird.

Die zum Betriebe des tragbaren Mikrophons erforderlichen Mikrophonelemente befinden sich im Melder.

Der telephonische Verkehr wird infolge der auf der Centrale befindlichen, in die Ringleitung eingeschalteten Kondensatoren C_1 und C_2 (Fig. 1) weder durch gleichzeitiges Telegraphieren noch durch Feuermeldungen gestört.

Von anderen Firmen die Feuermeldeapparate ausstellen seien genannt: C. und E. Fein, Stuttgart; The Gamewell Fire-Alarm Telegraph Company, New-York, deren System sich nicht unwesentlich von den der inländischen Firmen dadurch unterscheidet, dass die Meldung sowohl durch Morseapparate mit Zeitregistrierung, als auch durch besondere Anzeigeapparate, die die Nummer des bethätigten Melders direkt anzeigen, aufgenommen wird; ferner: Groos & Co., Berlin; Hammacher & Pätzold, Berlin und A. G. Siemens & Halske, Berlin, die

neben vielen anderen Apparaten auch mit einer Feuermelderanlage für kleinere Städte mit Induktorbetrieb nach dem Fortschaltungssystem vertreten sind.

Der bereits eingehend beschriebene Ferndrucker[1]) der letzterwähnten Firma wird von der Gesellschaft „Elektrischer Ferndrucker" im Betriebe vorgeführt.

Zu erwähnen ist nur, dass bei einigen Apparaten das Uhrwerk durch einen kleinen Elektromotor ersetzt worden ist. Demnächst soll in Berlin eine grössere Ferndruckercentrale eingerichtet werden, an die sich grössere Banken u. s. w. behufs Übermittelung von Kursnachrichten u. s. w. anschliessen lassen können.

Die drahtlose Telegraphie wird an einer Station nach Slaby-Arcoschem System, die von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin im Kuppelsaal der Ausstellungshalle installiert ist, im praktischem Betriebe vorgeführt.

Unter den ausgestellten Fernsprech-Apparaten der bereits erwähnten Firmen, zu denen noch

1) Vgl. diese Zeitschrift 2, 596, 1901.

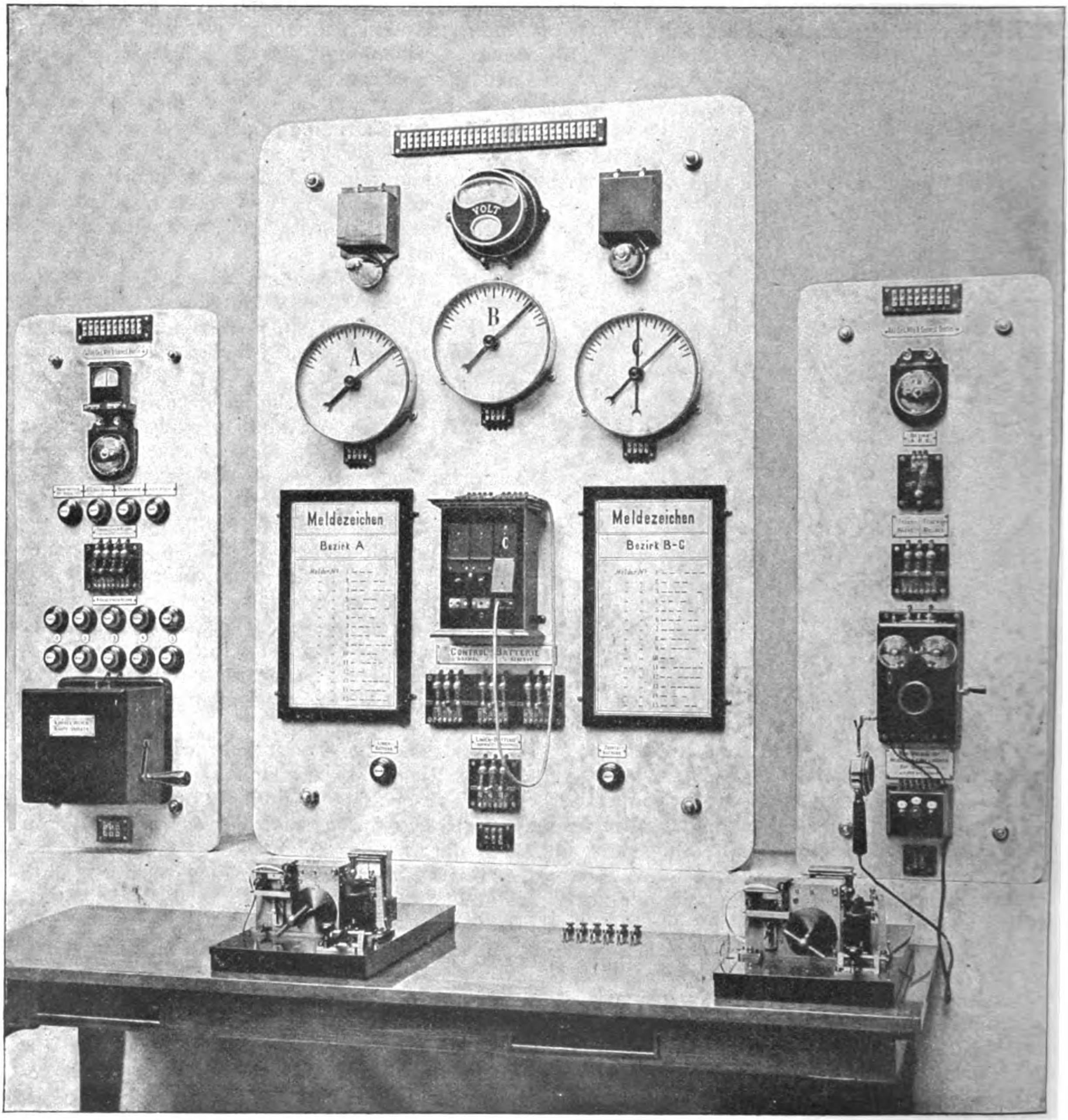


Fig. 4. Centrale.



Fig. 5.

die Telephonapparat-Fabrik Petsch, Zwietusch & Co., vorm. Fr. Welles, Berlin-Charlottenburg; die Telephon-Fabrik A.-G., vorm. J. Berliner, Hannover; die Telephon- und Telegraphenwerke, Stöcker & Co., Leipzig und die Telephon- und Telegraphenfabrik Walloch & Popper, Berlin, treten, sind die üblichen Typen von Wand- und Tischstationen mit Batterie resp. Induktor-Anruf vertreten.

Unter den Telephonapparaten für besondere Zwecke befinden sich das Normalmodell für Eisenbahnen, Wandstationen mit Schutzvorrichtung gegen Hochspannung, wasserdichte Grubenfernsprechstationen, tragbare Telephonstationen, Fernsprechstationen für laute Sprachübertragung.

Bei einer Reihe von Firmen (Hardegen, Mix & Genest, Siemens & Halske) werden sogenannte „Lautsprecher" demonstriert. Dieselben dienen hauptsächlich dazu, die Empfindlichkeit der neuesten Mikrophone der betreffenden Firmen zu zeigen. Die zu diesem Zwecke benutzten Telephone weisen meist keine besonderen Eigentümlichkeiten auf. Nur die A.-G. Siemens & Halske verwendet bei ihren Apparaten für laute Sprachübertragung (für Armee-, Marine-, Eisenbahn-, Bergwerkbetrieb) besonders konstruierte Telephone mit verstärkter Magnetkammer. Die grösste Anlage eines lautsprechenden Telephons rührt von der A.-G. Mix & Genest her, welche mittels ihrer bereits in dieser Zeitschrift ausführlicher beschriebenen Kohlenkörner-Mikrophone [1]) eine Sprach- resp. Gesangsübertragung von ihrer 7 Kilometer weit entfernten Fabrik in Berlin im Betrieb vorführt.

Ausser den erwähnten mannigfachen Telephonapparaten sind hervorzuheben: Linienwähler, Einfach- und Vielfach-Umschalter in Kasten-, Schrank- oder Tischform für Fernsprechstellen und Centralen.

1) Vgl. diese Zeitschrift 1, 599, 1900.

Etwas ausführlicher sei an dieser Stelle der Mix & Genestsche schnurlose Klappenschrank für kleine Vermittelungsstellen beschrieben, der sich durch grösstmögliche Einfachheit der Bedienung und höchste Betriebssicherheit auszeichnet.

Der schnurlose Klappenschrank gestattet jede Verbindung durch das einfache Einsetzen eines losen Stöpsels in eine Klinke herzustellen.

Das Prinzip ist aus Fig. 6 ersichtlich, welches die Schaltung eines Schrankes für 6 Doppelleitungen darstellt.

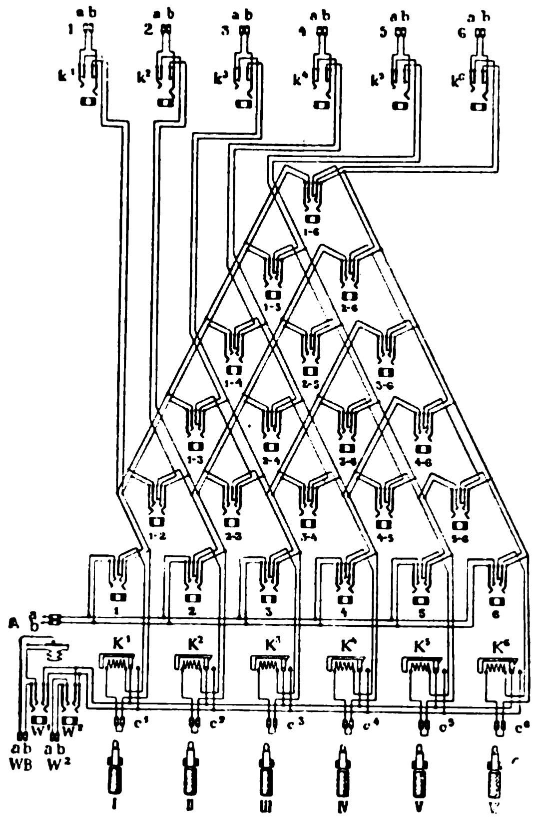


Fig. 6.

Zur Herstellung der 15 möglichen Verbindungen sind an der Vorderwand des Apparates in pyramidenförmiger Anordnung 15 Klinken angebracht, vermittelst welcher die an der Klinke angezeigte Verbindung dadurch hergestellt wird, dass in dieselbe einer der zweiteiligen Stöpsel I, II .... VI eingesetzt wird. An die Klemmen 1 *a b*, 2 *a b*, ... u. s. w. sind die Doppelleitungen der angeschlossenen Sprechstellen 1, 2 ... u. s. w. angelegt.

Fassen wir die Leitung 1 ins Auge. Sie führt von den Klemmen 1 *a b* zunächst zur Klinke k_1, von hier zur Klinke 1 und zur Klappe K_1. Bevor die Leitung die Klinke 1 erreicht, ist sie abgezweigt und führt mit dieser

Abzweigung der Reihe nach zu den Klinken 1—2, 1—3, 1—4, 1—5, 1—6.

Von der Klinke 1 geht eine Verbindung zu dem Klemmenpaar *A a b*, an welches ein Sprechapparat gewöhnlicher Bauart angeschlossen ist.

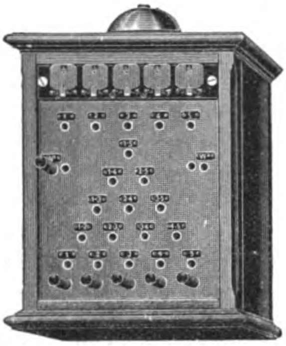


Fig. 7.

Der Betrieb gestaltet sich folgendermassen: angenommen die Sprechstelle 1 wünsche eine Verbindung mit der Sprechstelle 5. Sprechstelle 1 entsendet ihren Rufstrom, derselbe geht über die Klemmen 1 *a b* zur Klinke k_1, Klinke 1 und Klappe K_1, welche fällt. Die bedienende Person setzt hierauf einen der Stöpsel I, II . . . u. s. w. in die Klinke 1 ein, nimmt das bei *A a b* eingeschaltete Telephon ans Ohr und erfährt, dass Sprechstelle 1 mit Sprechstelle 5 zu sprechen wünscht.

Hierauf wird der Stöpsel aus Klinke 1 ausgezogen und in Klinke 1—5 eingesetzt. Durch das Einsetzen des Stöpsels in die Klinke 1—5 ist der durch die mittlere Feder gebildete Kontakt in dieser Klinke unterbrochen und damit die zur Klappe K_5 führende Leitung abgeschaltet worden.

In der durch den Schrank bewirkten Verbindung zwischen den beiden Teilnehmern 1 und 5 ist nun die Klappe des Teilnehmers 1 eingeschaltet. An letzterer erscheint das Schlusszeichen; durch Entfernung des Stöpsels aus Klinke 1—5 wird die Verbindung gelöst. Damit neben dem Fallen der Klappen noch ein hörbares Signal erfolgt, ist bei *W B a b* eine Batterie einiger Elemente angeschaltet. Wird ein Stöpsel in die Klinke W_1 eingesetzt, so ertönt der oben am Apparat angebrachte Wecker, sobald eine der Anrufklappen fällt, so lange bis die Klappe wieder emporgehoben wird.

Ist bei W_2 *a b* ein Wecker angeschlossen und der Stöpsel W_2 eingesetzt, so erfolgt das hörbare Signal auch an einem entfernten Orte. Fig. 7 zeigt die Ansicht eines Pyramidenschrankes für 5 Anschlüsse.

Als neu hervorgehoben zu werden verdient auch ein Vielfachumschalter mit gemeinsamer Anruf- und Mikrophonbatterie, sowie mit Glühlampensignalisierung, den die Firma Petsch, Zwietusch & Co., Berlin-Charlottenburg, ausgestellt hat. Das Charakteristische dieses Systemes, welches bereits seit einigen Jahren in Amerika mit Erfolg von der Western Electric Company angewendet wird, besteht darin, dass die Stromquellen für den Anruf des Amtes und für die Mikrophone der Teilnehmer nicht wie bisher bei den Abonnenten, sondern als gemeinschaftliche Batterie bei dem Vermittelungsamte aufgestellt sind und dass ausserdem sämtliche Klappen durch Glühlampen ersetzt sind. Durch dieses System tritt eine grosse Vereinfachung der Apparate der Teilnehmerstellen, der Unterhaltung der Anlage und der Bedienung der Umschalter beim Vermittelungsamte ein.

Die Bedienung der Umschalter gestaltet sich folgendermassen:

Sobald ein Teilnehmer seinen Hörer vom Haken nimmt, leuchtet auf dem Amte eine Glühlampe auf. Der Beamte nimmt den Wunsch des Teilnehmers entgegen und führt die Verbindung aus. In demselben Augenblicke erlischt die Anrufglühlampe und es sind in die Verbindung als Prüfungs- und Schlusssignale zwei Glühlampen eingeschaltet, von denen die eine zu der Leitung des rufenden, die andere zu der des angerufenen Teilnehmers gehört.

Ist die Leitung nach der angerufenen Sprechstelle in Ordnung, so leuchtet die zugehörige Lampe auf und brennt so lange bis der Angerufene seinen Hörer vom Haken abhebt. Den Anruf besorgt das Amt. An dem Erlöschen der Lampe erkennt der Beamte, dass der Anruf beantwortet ist.

Nach Beendigung des Gespräches leuchten beide Glühlampen wieder auf, ein Zeichen, dass die Verbindung getrennt werden kann.

Das Aufleuchten und Erlöschen der verschiedenen Glühlampen hält also das Bedienungspersonal jederzeit über die einzelnen Stadien der Verbindung unterrichtet.

Verschiedene gegen das System auf Grund theoretischer Erwägungen erhobene Einwände haben sich in der Praxis als unbegründet herausgestellt. In Amerika beispielsweise, wo es sich um Entfernungen bis zu 2000 km — Boston-St. Louis — handelt, wickelt sich der Verkehr glatt ab.

(Schluss folgt.)

BESPRECHUNGEN.

E. Mach, Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen. gr. 8. VIII u. 244 S. mit 36 Abbildungen. Jena, Gustav Fischer. 1900.

Das vorliegende Buch bildet zugleich die zweite Auflage der bereits vor 14 Jahren von Mach verfassten „Beiträge zur Analyse der Empfindungen". In umfassender und abgerundeter Weise setzt Verfasser seine erkenntniskritischen Anschauungen auseinander, für welche er schon seit langem kämpft, und er verfehlt nicht, wo er etwa im Einzelnen im Laufe der Jahre seine Ansicht geändert hat, dies ausdrücklich mitzuteilen.

Als einleitend in die eigentliche „Analyse" der Empfindungen dienen die fünf ersten Kapitel: „Antimetaphysische Vorbemerkungen;" „Über vorgefasste Meinungen;" „Mein Verhältnis zu R. Avenarius;" „Die Hauptgesichtspunkte für die Untersuchung der Sinne;" „Physik und Biologie, — Kausalität und Teleologie." Unter Verwerfung alles Metaphysischen zeigt er, wie weder die „Körper" der „Aussenwelt" noch das „Ich" das ursprünglich Gegebene; dies sind vielmehr die ins Bewusstsein tretenden einzelnen Empfindungen, welche er, um gar nichts zu präjudizieren, als die „Elemente" bezeichnet. Das Verhältnis des Physischen zum Psychischen stellt sich dar lediglich in einer Verschiedenheit der Abhängigkeitsverhältnisse, der „Funktionalbeziehungen" der Elemente unter einander. Verfasser macht so zum Prinzip bei der eigentlichen Bearbeitung der Empfindungsanalyse den „vollkommenen Parallelismus" des Psychischen und Physischen. Die kausale und die teleologische Betrachtungsweise, wie sie der physikalischen und der biologischen Wissenschaft eigentümlich sind, werden ausführlich gewürdigt und gezeigt, wie durch ihre einseitige Anwendung das Vordringen auf diesen Wissenschaftsgebieten stets gehemmt worden ist, darum auch gar oft sie in den verschiedenen Wissenschaften Rollen getauscht und so die Fortschritte gefördert haben: so wird auch die Einführung der psychologischen Beobachtung, unbeschadet der kausalen und teleologischen Beobachtungsweise, vielmehr sich mit ihr berührend, neue Thatsachen ans Licht fördern und so der Physik und Biologie nur zum Heil gereichen.

Bei der Analyse der Gesichtsempfindungen wendet sich Verfasser vor allem der Lokalisation zu, wobei sich zeigt, dass in der That die Einführung von Empfindungselementen aus dem bekanntlich vom Verfasser mit so vielem Erfolg beobachteten Bereich der „Bewegungsempfindungen" (für aktive und passive Bewegungen), sowie aus dem hier in sehr anziehender Weise herangezogenen Gebiet des „Symmetriegefühls" äusserst fruchtbringend wirkt. Die die aktivenBewegungen etwa begleitenden Empfindungsqualitäten pflegt man als „Willen" zusammenzufassen. Für die Beziehungen der Gesichtsempfindungen, wie überhaupt aller „Elemente" zueinander ist bei einem entwickelten psychischen Leben die weitgehende Ausbildung des associativen Gedächtnisses natürlich massgebend; von einem „physikalischen Verständnis" desselben kann zur Zeit noch nicht die Rede sein: dies der leitende Inhalt des sechsten bis neunten Kapitels. Im zehnten über die Zeitempfindungen macht Verfasser u. a. in interessanter Weise wahrscheinlich, dass dieselben mit dem organischen Stoffverbrauch zusammenhängen, wie dies auch andere physiologische Theorien (Meynert und Avenarius) nachzuweisen versucht haben. Das elfte Kapitel behandelt die Tonempfindungen und führt zu einer Kritik und schliesslichen psychologischen Modifikation der Helmholtzschen Resonatorentheorie (ganz im Sinne von L. Hermann), wobei auch die neue Ewaldsche Hörtheorie kurz kritisiert wird.

Der Schlussabschnitt handelt von dem „Einfluss der vorausgehenden Untersuchungen auf die Auffassung der Physik", — deren Zusammenhang mit der Psychologie dadurch gewahrt bleiben müsse, dass man nicht vergesse, dass „Materie", „Moleküle", „Atome" u. s. w. nur Gedankensymbole sind; die naturwissenschaftliche Forschung besteht in der Anpassung der Gedanken an die sinnliche Thatsache; der schwächere Gedanke, welcher der unbeständigeren Thatsache entspricht, muss geschützt werden durch den beständigeren Gedanken; die Gedanken von der grössten Beständigkeit sind die Sätze der Mathematik.

Niemand wird diese erkenntnistheoretische Studie eines Physikers ohne Gewinn und Befriedigung aus der Hand legen, deren abgerundete Darstellung und Gedankenreichtum nicht genug gewürdigt werden können, und von denen ein kurzer Bericht natürlich gar keine Vorstellung geben kann. So erscheinen denn auch die etwa zu machenden Einwände, dass vieles an des Verfassers Standpunkt nicht neu, sondern gerade von Philosophen resp. Metaphysikern unserer klassischen Periode (Kant) in erster Linie herrührend ist, sowie, dass es doch selbst Physiker und Biologen giebt, die sich eben nicht bekehren lassen, der wirklichen Bedeutung des Buches gegenüber als belanglos. Boruttau.

(Eingegangen 22. Mai 1901.)

J. J. van Laar, Lehrbuch der mathematischen Chemie. Mit einer Einleitung von Dr. H. W. Bakhuis-Roozeboom. gr. 8. XX und 224 Seiten. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1901. Preis 7 M.

In dem vorliegenden Buch hat der Verfasser ausgehend von der Gibbs-Planckschen Theorie des thermodynamischen Potentiales in logischem Zusammenhang und mit grosser Übersichtlichkeit die Gesetze für die Gleichgewichte in einzelnen Phasen und Phasenkomplexen entwickelt. Hierbei wählt er nicht die Gesetze der verdünnten Lösungen als Ausgangspunkt, sondern leitet diese als Annäherungsgesetze aus seinen für alle Konzentrationen entwickelten Formeln ab. Dadurch vermag er in vielen Fällen die Grenzen zu bestimmen, bis zu welchen diese einfachen Gesetze Gültigkeit besitzen, und wird die Herleitung von Beziehungen zwischen verschiedenen Grössen möglich, die für jede Konzentration gültig bleiben. Der Nutzen dieser Methode tritt speziell dort hervor, wo der Verfasser die Konsequenzen seiner allgemeinen Formeln für diejenigen Gleichgewichtsfälle zieht, worin nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse im flüssigen Zustand, Assoziation und Ionisation angenommen werden muss. Der Inhalt ist bereits zum Teil früher in der Zeitschrift für physikalische Chemie erschienen. Viele in dem Buch vorkommenden Beziehungen sind neu. Das Buch zerfällt in die beiden Hauptabschnitte: Thermodynamische Einleitung und Anwendung der Theorie auf konkrete Fälle und diese wieder in folgende Kapitel: Die Wärmefunktion und die Potentiale; die Plancksche Entropiespaltung und das Gibbssche Paradoxon; Berechnung der Potentiale und der Gleichgewichtskonstanten; einige allgemeine mathematische Eigenschaften der Potentialfunktionen; die Differentialquotienten nach τ und p. Das zweite Buch enthält folgende Kapitel: Reaktionen in Gemischen idealer Gase. (Homogene gasförmige Systeme); Gleichgewicht zwischen zwei Gemischen idealer Gase (Heterogene gasförmige Systeme); Reaktionen in flüssigen Gemischen (homogene flüssige Systeme); Gleichgewicht zwischen zwei flüssigen Gemischen (heterogene flüssige Systeme); Reaktionen in festen Körpern (homogene feste Systeme). Gleichgewicht zwischen zwei festen Phasen (heterogene feste Systeme). Gleichgewicht zwischen einer flüssigen und einer gasförmigen Phase; Gleichgewicht zwischen einer festen und einer gasförmigen Phase; Gleichgewicht zwischen einer flüssigen und einer festen Phase; Gleichgewicht zwischen einer festen, einer flüssigen und einer gasförmigen Phase (dreifacher Punkt); Allgemeine Sätze aus der Phasenlehre.

Diese Inhaltsübersicht giebt Auskunft, welche Fälle der mathematischen Chemie der Verfasser behandelt.

Dass mit diesem Buch zum erstenmal ein systematisch bearbeitetes Lehrbuch der „mathematischen" Chemie der Öffentlichkeit übergeben wird, wie der Verfasser in der Einleitung behauptet, dürfte nicht ganz genau sein, da wir in dem Helmschen und grossen Duhemschen Werke bereits Lehrbücher der mathematischen Chemie besitzen.

Da der Verfasser jede unnütze mathematische Abschweifung vermeidet und die Bedeutung der mathematischen Operationen überall hervorhebt und stets durch Beispiele erläutert, da ferner das Buch eine gute und eindringende Übersicht über das Gebiet der Gleichgewichtsprobleme giebt, so kann es allen, welche tiefer in die thermodynamische Behandlung der Gleichgewichtsprobleme eindringen wollen, empfohlen werden. G. C. Schmidt.

(Eingegangen 30. Mai 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Berthelot, M., Sénateur, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur au Collège de France. — Les carbures d'hydrogène (1851—1901). Recherches expérimentales. gr. 8. 1901. 3 Vol. Librairie Gauthier-Villars. Quai des Grands-Augustins, 55, Paris. 45 fr.

Tome I: L'Acétylène: synthèse totale des carbures d'hydrogène. X, 414 S.

Tome II: Les Carbures pyrogénés. — Séries diverses. IV, 558 S.

Tome III: Combinaison des carbures d'hydrogène avec l'hydrogène, l'oxygène, les éléments de l'eau. IV, 459 S.

Lorenz, Richard, Elektrochemisches Praktikum. Mit 90 Abbildungen im Text. kl. 8. XIV u. 234 S. 1901. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht. Geb. M. 6.—

Wehnelt, Arthur, Strom- und Spannungsmessungen an Kathoden in Entladungsröhren. Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia docendi der hohen philosophischen Fakultät der Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen. Mit 29 Figuren. gr. 8. 50 S. 1901. Leipzig, S. Hirzel. M. 1.—

Tagesereignisse.

Die Londoner Röntgengesellschaft hat ihre goldene Medaille für die Herstellung der besten praktischen X-Strahlenröhren an C. H. F. Müller-Hamburg verliehen. Bei dem öffentlichen Wettbewerb gingen 28 Röhren ein, davon fünf englischer, acht amerikanischer und fünfzehn deutscher Arbeit. Nur Müllers Röhren entsprachen allen Anforderungen bei einem Stückpreise von nur 18.50 M.

Personalien.

Der Dozent für Maschinenzeichnen, Hebezeuge und Pumpen an der Technischen Hochschule Hannover Georg Klein wurde zum etatmässigen Professor ernannt.

An der Technischen Hochschule zu Charlottenburg ist der Konstruktionsingenieur Romberg zum etatsmässigen Professor ernannt worden. Zu gleicher Zeit ist ihm der neu errichtete Lehrstuhl für Maschinenelemente in der Abteilung für Schiffs- und Schiffsmaschinenbau verliehen worden.

An der Universität Erlangen hat sich Dr. phil. Egon Müller für Physik habilitiert.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 44. 3. August 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

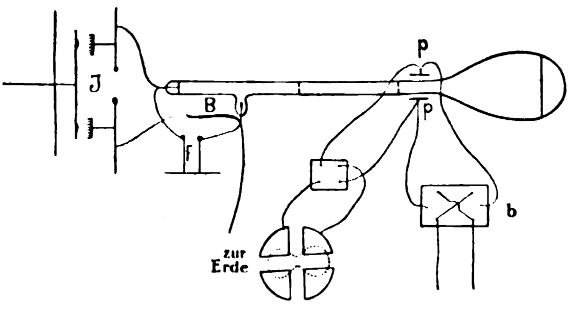
Über die Verwendbarkeit der Braunschen Röhre zur Messung elektrischer Felder.

(Eine kurze Zusammenstellung der Resultate einer Inaugural-Dissertation.)

Von W. I. Milham.

§ 1. Beobachtungen von K. E. F. Schmidt[1]) und H. Ebert[2]) bilden den Ausgangspunkt dieser Abhandlung. Die Anordnung des Apparates wird durch die folgende Figur übersichtlich gemacht:

Zwei kleine Platten, deren Querschnitte bei (*P*) sichtbar sind, wurden mittelst einer Paraffin-Wippe (*C*) mit der Quelle der ablenkenden



elektromotorischen Kraft z. B. einer Wasserbatterie in Verbindung gesetzt. Die Potentialdifferenz der Platten würde mit einem Quadrantelektrometer gemessen. Ein nasser Bindfaden (*B*) wurde zwischen der erregenden Maschine (*T*) und der Röhre eingeschaltet, um die Erregung schwächer und regelmässiger zu machen. Mittelst einer parallel geschalteten Funkenstrecke (*F*) wurde die Stärke der Erregung von Zeit zu Zeit bestimmt, und die Anode wurde zur Erde abgeleitet.

1) K. E. F. Schmidt, Abhandlung der Nat.-Gesellschaft zu Halle, **21**, 161, 171 und 227, 1897/1898.
2) H. Ebert, Wied. Ann. **67**, 714, 1899.

§ 2. Der Grundversuch kann folgendermassen geschildert werden. Die Platten wurden mit einer Wasserbatterie von 950 Elementen durch die Wippe in Verbindung gesetzt und wurden daher auf eine Potentialdifferenz von etwa 750 Volt geladen. Obgleich ein elektrostatisches Feld zwischen den Platten jetzt existiert, ist nicht die geringste Ablenkung der Kathodenstrahlen oder Formänderung des Fleckes bemerkbar. Es werde jetzt die Potentialdifferenz der Platten plötzlich kommutiert. Der runde, scharf begrenzte Fleck springt über eine bestimmte Strecke in einer den Kraftlinien entgegengesetzten Richtung so schnell, dass nicht die kleinste Spur von Phosphorescenz in der auf dem Schirm durchlaufenen Bahn sichtbar wird. Der Fleck bleibt aber nicht permanent abgelenkt, sondern fängt gleich an nach der Ruhelage zurückzukehren, zuerst schnell, dann langsamer und langsamer, bis nach einer bestimmten Zeit, die ich die Rückkehrzeit nennen möchte, keine Abweichung von der Ruhelage nachweisbar ist. Kommutiert man wieder, dann springt der Fleck wieder über eine Strecke anscheinend von derselben Länge in der umgekehrten Richtung, und dann fängt er wieder gleich an nach der Ruhelage zurückzukehren. Wenn anstatt des Kommutierens die Platten einfach geladen und entladen werden, bleibt die Erscheinung dieselbe, nur im halben Massstabe.

§ 3. Man wird gleich zur folgenden Erklärung geführt. Was beobachtet wird, ist nur die ganz gewöhnliche, jetzt wohlbekannte, elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen. Was dann noch zu erklären ist, ist, warum die Ablenkung verschwindet und nicht permanent bleibt. Es ist eine wohlbekannte Thatsache, dass die Kathodenstrahlen das Gas, durch welches sie gehen, leitend machen. Wir müssen also das Gas innerhalb der Röhre als einen schlechten Leiter betrachten. Ein elektrostatisches Feld muss dann zusammenfallen, die Ablenkung muss verschwinden.

In der Rückkehr des Fleckes sieht man also das Zusammenfallen des Feldes in seinem zeitlichen Verlauf. Die Rückkehrzeit verhält sich wie die Relaxationszeit eines Mediums. Als Beweis dieser Erklärung dient folgender Versuch. Während der Rückkehr wurden durch Anhalten der erregenden Maschine die Kathodenstrahlen abgehalten. Der Fleck auf dem Schirm verschwand. Nach einigen Sekunden wurde die Röhre wieder in Gang gesetzt, und der Fleck erschien nicht in seiner Ruhelage, obgleich Zeit genug verflossen war, um diese Lage zu erreichen, sondern gerade an der Stelle, wo er verschwunden war, und von dort aus setzte er seine Rückkehr gegen die Ruhelage fort. Die durch die Kathodenstrahlen bewirkte Leitfähigkeit des Gases muss also vorhanden sein, um eine Rückkehr des Fleckes zu ermöglichen.

§ 4. Die Beziehung zwischen der Potentialdifferenz der Platten und dem Abstand des Fleckes von der Ruhelage, während alle anderen Versuchsbedingungen unverändert erhalten bleiben, kann durch zwei Bewegungsgesetze vollständig dargestellt werden.

Das erste Gesetz lautet: jedesmal wenn die Potentialdifferenz der Platten geändert wird, bekommt man eine proportionale Änderung in dem Abstand des Fleckes von der Ruhelage oder als eine Gleichung ausgedrückt:

$$\triangle A = a \triangle V$$

Es ist wohl zu beachten, dass nur die Änderungen in A und V und nicht die Werte selbst in der Gleichung vorkommen. Die Richtigkeit dieses Gesetzes wurde durch drei Arten von Beobachtungen geprüft.

(1) Die Platten wurden auf verschiedene Potentialdifferenzen geladen. Diese Potentialdifferenzen wurden kommutiert, als der Fleck in der Ruhelage war, und die entsprechenden Ablenkungssprünge wurden beobachtet. Diese Sprünge waren den Potentialdifferenzen proportional. (2) Eine unveränderte Potentialdifferenz wurde benutzt, aber diese Potentialdifferenz wurde während der Rückkehr kommutiert, d. h. als der Fleck verschiedene Lagen auf dem Schirm der Röhre hatte. Der Ablenkungssprung hatte immer dieselbe Länge, gleichgiltig, ob der Fleck von der Ruhelage aus sprang oder von irgend einem anderen Anfangspunkt. (3) Die Potentialdifferenz wurde von o bis a oder umgekehrt geändert und der Ablenkungssprung beobachtet. Die Potentialdifferenz wurde dann von b bis $b + a$ oder umgekehrt geändert und der zugehörige Sprung beobachtet. Diese zwei Sprünge hatten dieselbe Länge.

Das zweite Gesetz lautet: Wenn die Potentialdifferenz der Platten unverändert bleibt und der Fleck sich nicht in der Ruhelage befindet, dann strebt er beständig gegen diese Lage. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Rückkehr von dem Abstand des Fleckes von der Ruhelage wurde durch Messungen bestimmt. Sie sind einander annähernd proportional.

§ 5. Die Grösse eines Ablenkungssprunges, wenn eine bestimmte Potentialdifferenz kommutiert wird, und die Rückkehrzeit von einem bestimmten Abstand von der Ruhelage hängen stark von den Versuchsbedingungen ab, wie z. B. Beschaffenheit der Röhre, Höhe des Vakuums, Stärke der Erregung, Abstand der Platten von einander, Lage der Platten gegen das Diaphragma, Länge der Platten in der Richtung der Röhre. Die Stärke der Erregung spielt eine sehr bedeutende Rolle. Der Ablenkungssprung ist der Stärke der Erregung beinahe umgekehrt proportional. Mit einer Röhre wurde die Rückkehrzeit für dieselbe Strecke bloss durch die Erregungsstärke zwischen etwa 0,2 und 12,0 Sekunden variiert.

Solche Versuchsbedingungen wie Art der Erregung, Ableitung der Anode zur Erde, parallel geschaltete Kapazität, Wandladung, Temperatur, Feuchtigkeit, Benutzungszeit haben nur auf die Deutlichkeit und Regelmässigkeit jeder Erscheinung einen Einfluss. Man kann die Resultate so zusammenfassen: Handelt es sich um qualitative Versuche, dann ist alles gleichgiltig; wenn aber die Röhre als genauer Messapparat benutzt wird, dann werden die besten Resultate gewonnen, wenn eine ziemlich schwache, sehr regelmässige Erregung benutzt wird, wenn die Röhre schon einige Zeit in ununterbrochener Benutzung gewesen ist, wenn die Anode zur Erde abgeleitet wird, wodurch die Wandladung vernichtet wird, und wenn die Feuchtigkeit nicht zu hoch ist.

§ 6. Aus der Ablenkung der Kathodenstrahlen durch ein bestimmtes magnetisches Feld und auch durch ein bestimmtes elektrostatisches Feld kann bekanntlich die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen und das Verhältnis der Masse zur getragenen Menge berechnet werden.

Aus Ablenkungssprüngen für bekannte Änderungen in der Potentialdifferenz der Platten und passenden gleichzeitig beobachteten magnetischen Ablenkungen wurde nun die Geschwindigkeit und dieses Verhältnis bestimmt. Die Werte stehen in guter Übereinstimmung mit den sonst gewonnenen Resultaten mit dauernden Ablenkungen und Platten innerhalb der Röhre.

§ 7. Wenn die Platten mit einer periodischen Spannung gespeist werden, kommen wohldefi-

nierte Ablenkungsbahnen auf dem Schirm der Röhre zum Vorschein, welche in einem rotierenden Spiegel zu sinusartigen Kurven ausgezogen werden. Aus den zwei Bewegungsgesetzen lässt sich theoretisch zeigen, dass infolge der Rückkehr eine Formänderung, eine Phasenverschiebung und eine Verkleinerung der maximalen Ablenkung in Bezug auf die Kurve, welche man ohne Rückkehr erhalten würde, vorhanden ist. Ein für die Technik sehr günstiger Umstand ist, dass diese Verkleinerung der maximalen Ablenkung von derselben Grösseordnung wie die unvermeidlichen Beobachtungsfehler ist. Diese Schlüsse wurden durch eingehende Messungen geprüft und eine vollständig befriedigende Bestätigung wurde gefunden.

§ 8. Wenn die Platten regelmässig um die Röhre gedreht werden, während die Potentialdifferenz unverändert bleibt, so beschreibt der Fleck nach einem anfänglichen Centrierungsprozess als stationären Endzustand einen Kreis um die Ruhelage. Die Ausmessung dieses Kreises zeigt eine gute Übereinstimmung mit dem, was man aus den zwei Bewegungsgesetzen erwarten würde.

§ 9. Was die Genauigkeit der Messungen betrifft, so kann folgendes berichtet werden. Wenn an irgend einem Tag eine Röhre vollständig geaicht wird und dann in ununterbrochener Benutzung behalten wird, so können Messungen genau bis 1 Proz. gemacht werden. Selbstverständlich müssen alle Versuchsbedingungen unverändert bleiben, oder besser die Versuchsbedingungen müssen notiert, der Einfluss jeder Bedingung quantitativ festgestellt und dann alle Messungen auf gleiche Bedingungen reduziert werden. Wenn zu irgend einer anderen Zeit eine Röhre ohne neue Aichung benutzt wird, so sind Resultate richtig bis etwa 5 Proz. zu erwarten.

Strassburg i. Els., Physikalisches Institut, Juli 1901.

(Eingegangen 18. Juli 1901.)

Ist die metallische Leitung verbunden mit einem Transport von Metallionen?

Von Eduard Riecke.

Die Ionentheorie der metallischen Leitung, welche ich zuerst in einer Arbeit „zur Theorie des Galvanismus und der Wärme" im 66. Bande der Annalen der Physik und Chemie, 1898, ausführlicher untersucht habe, legte die Möglichkeit nahe, dass der Durchgang eines elektrischen Stromes durch ein Metall mit einem Transport von metallischen Ionen verbunden sein könnte. Ein experimenteller Anhaltspunkt für diese Annahme war allerdings nicht vorhanden; auf der anderen Seite schienen aber die Diffusionserscheinungen zwischen festen Metallen doch die Existenz beweglicher Metallteilchen anzudeuten. Es schien mir daher eine genauere Untersuchung der Frage nicht überflüssig zu sein.

Obwohl nun die Resultate meiner Beobachtungen durchaus negativ sind, darf ich mir doch wohl eine kurze Mitteilung darüber gestatten.

Der Apparat, den ich benutzte, bestand aus drei gleichen Cylindern, zwei von Kupfer, der dritte von Aluminium. Die Endflächen waren eben abgeschliffen; sie wurden so aufeinander gesetzt, dass der Aluminiumcylinder sich zwischen den beiden Kupfercylindern befand, und nun in die Ladeleitung der Akkumulatorenbatterie des physikalischen Institutes eingeschaltet. Die Zuführung zu dem oberen Kupfercylinder geschah durch eine Messingplatte, die mit einer Druckschraube sehr kräftig gegen den Cylinder gepresst war. In den unteren Kupfercylinder war ein Kupferdraht eingeschraubt, der zur Weiterleitung des Stromes diente.

Eine erste Wägung der einzelnen Teile des Apparates wurde im März des Jahres 1900 ausgeführt; der Apparat blieb dann ein Jahr lang in der Ladeleitung der Akkumulatoren eingeschaltet. In dieser Zeit gingen im Ganzen 958 Amperestunden durch ihn hindurch; in einer elektrolytischen Zelle würde der Strom hiernach 1,14 kg Kupfer abgeschieden haben. Im April 1901 wurde der Apparat auseinander genommen und die einzelnen Theile von neuem gewogen. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	Gewicht in mg. 1900	Gewicht in mg. 1901	Differenz in mg.
Oberer *Cu*-Cylinder	6491,30	6491,27	—0,03
Aluminium-Cylinder	1936,52	1936,54	+0,02
Unterer *Cu*-Cylinder	6299,54	6299,52	—0,02
Cu-Draht	2853,54	2853,57	+0,03

Die Differenzen liegen innerhalb der Grenzen der Genauigkeit, welche mit der benützten Wage von Sartorius zu erreichen war. Die Annahme, dass bei der metallischen Leitung bewegliche positive Metallionen eine Rolle spielen, wird hiernach auszuschliessen sein.

(Eingegangen 22. Juli 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Ausbildung der Chemiker für die Technik.[1])

Von Otto N. Witt.

Königliche Hoheiten!
Hochansehnliche Versammlung!

Heute vor etwa einem Jahre wurden in der Chemischen Abteilung der Internationalen Weltausstellung zu Paris die letzten Hammerschläge gethan; wie das auf Ausstellungen so zu gehen pflegt, waren nur die wenigsten Teilnehmer mit dem Aufbau ihrer Vorführungen am Eröffnungstage fertig gewesen. Den ganzen Mai hindurch bildete der Marsfeldpalast noch den Schauplatz einer fieberhaften Arbeit und mit Ungeduld harrten diejenigen, welche ihre Pflicht oder ihr Interesse so früh schon nach Paris geführt hatte, des Tages, der ihnen gestatten würde, sich über das Resultat des grossen Wettkampfes aller Völker der Erde ein erstes vorläufiges Urteil zu bilden. Den Chemikern unter den Harrenden ward heute etwa vor einem Jahre die Erfüllung ihrer Wünsche zu teil: Eine nach der anderen fielen die hemmenden Barrieren und der anbrechende Juni fand Alles in schönster Vollendung.

Nun begann der Meinungsaustausch, aber es fehlte ihm diesmal an dem, worauf Manche sich vielleicht schon im Stillen gefreut hatten, an einer genügenden Verschiedenheit der Ansichten und an Gelegenheit zu lebhaften Kontroversen. Es gab nur eine Meinung, die ganz gleichmässig von Allen vertreten wurde und in den viel später gefällten Urteilen der Jury unverändert zum Ausdruck kam. Sie ging dahin, dass so Grosses und Anerkennenswertes fast alle Nationen und namentlich Frankreich, bei dem wir alle zu Gast waren, auf dem Gebiete der Chemie und ihrer Anwendungen auch geleistet hatten, die Ausstellung der Deutschen Chemischen Industrie alle Mitbewerber doch bei Weitem überragte und ein Gemälde chemischer Arbeit von solcher Grossartigkeit darstellte, wie es die Welt vordem noch nie gesehen hatte.

Unter den Tausenden von Einzelobjekten, aus denen sich unsere Ausstellung in Paris zusammensetzte, befanden sich viele von ganz hervorragender Schönheit oder Seltenheit, aber auch andere, die in ebenso guten oder noch prächtigeren Krystallen oder in noch grösseren Mengen in den Vorführungen der anderen Nationen vertreten waren. Wieder anderes, wodurch unsere Mitbewerber auf dem Weltmarkte glänzten, fehlte bei uns ganz und gar. Wenn trotzdem das Urteil einstimmig zu Gunsten Deutschlands ausfiel, so lag der Grund tiefer, als in dem Prunken mit handswerksmässiger Geschicklichkeit, durch welches allein sonst auf Ausstellungen die Chemische Industrie das Laienpublikum über ihre Existenz und ihre Bedeutung belehrt. Es war der wissenschaftliche und der wirtschaftliche Geist, der durch diese Sammelausstellung der Deutschen Chemischen Industrie wehte und bewusst oder unbewusst jedem, der sie betrat, fühlbar wurde, welcher den Eindruck des Grossartigen, Gewaltigen, bisher Unerreichten zu stande brachte. Auch der Laie fühlte es, ohne dass man es ihm zu sagen brauchte, heraus, dass die Chemische Industrie Deutschlands eine Schöpfung ist, die in titanenhaftem Ringen aus eigener Kraft emporgewachsen ist und heute dasteht, wie ein junger Held, zu stark, um die anderen zu fürchten, zu gross, um ihnen ihre Erfolge zu missgönnen.

Diejenigen aber, welche dieses Wunderbare aufgebaut und vollbracht haben, sind die deutschen Chemiker. Wissenschaftliche Vertiefung, eiserner Fleiss und ein klares Urteil in wirtschaftlichen Dingen haben unsere Industrie zu dem gemacht, was sie heute ist, und da wir Alle die Absicht haben, auf der einmal eingeschlagenen Bahn zu verharren und auch das heranwachsende Geschlecht auf derselben mit uns zu führen, so scheint die fortdauernde Blüte unserer Chemischen Technik für die absehbare Zukunft gesichert zu sein.

Es mag daher fast als ein zweckloses Beginnen erscheinen, wenn ich gerade jetzt, wo wir so begründete Ursache haben, mit den Leistungen unserer technischen Chemiker zufrieden zu sein, es unternehme, von der Ausbildung der Chemiker für die Technik zu sprechen. Sie erwarten nicht von mir, dass ich dieses Thema bloss anschlage, um Ihnen zu sagen, dass bei uns alles so vortrefflich ist, wie man es nur wünschen kann und dass zu Verbesserungen weder Raum noch Veranlassung vorhanden sei, aber Sie befürchten auch nicht, dass ich heute wieder die alte Frage aufrollen werde, ob das humanistische oder Realgymnasium oder die Ober-Realschule die geeignetste Vorbereitung für das Studium der Chemie bilde; oder jene andere, die uns noch vor wenigen Jahren so tief bewegte, nach der Gleichstellung der Universitäten und Technischen Hochschulen.

In der That gedenke ich diese alten und wichtigen Fragen, welche ja zum Teil schon ihre befriedigende Erledigung gefunden haben, nur in soweit zu streifen, als ich ihrer für meine

[1]) Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereines deutscher Chemiker in Dresden am 30. Mai 1901.

sonstigen Ausführungen bedarf. In der Hauptsache aber möchte ich Ihnen meine Ansichten über die Organisation des chemischen Unterrichtes selbst entwickeln, des Unterrichtes für die grosse Zahl derer, welche gewillt sind, ihre junge Kraft für die Förderung dessen einzusetzen, was ihre Väter geschaffen haben, für den weiteren Ausbau der deutschen chemischen Industrie.

Wie heute, im Maien, draussen in der Apfelblüte der Feind an der Arbeit ist, dessen verderbliche Thätigkeit erst spät im Herbst bei der Fruchtreife als Wurmfrass zu Tage tritt, so trägt auch die Blüte jeder menschlichen Errungenschaft ihre eigene Gefahr in sich. Diese Gefahr heisst Selbstzufriedenheit. Nichts wäre verfehlter, als wenn wir jetzt, wo wir Grosses erreicht haben, die Mittel, mit denen wir unsere Siege errangen, stereotypieren wollten. Nichts wäre kurzsichtiger, als wenn wir die Vorbildung, welche das herrschende Geschlecht befähigte, seine Leistungen zu vollbringen, auch für alle Zukunft für unfehlbar und allein seligmachend erklären wollten. Die Zeit schreitet fort, die Wissenschaft verändert sich und mit ihr ändern sich ihre Anwendungen. Aufgabe der Gegenwart ist es, die Zukunft richtig zu erkennen, und dafür zu sorgen, dass sie, wenn sie kommt, uns bereit finde. Denn sie wird sicherlich den zertreten, der da glaubt, den immer grimmiger werdenden Kampf ums Dasein mit alten rostigen Waffen kämpfen zu können.

Sie erkennen, welche Frage ich aufrollen will: Eine Frage, die alt ist, wie die Chemie selbst und die ebensowenig jemals endgültig entschieden werden wird, wie die Frage nach der besten Form des Mittelschulunterrichtes; aber auch eine Frage, die niemals ganz von der Tagesordnung abgesetzt werden darf. Hier ist der Ort und heute ist der Tag, wieder einmal auf ihre Bedeutung hinzuweisen. Wir Alle, die wir hier versammelt sind, diejenigen sowohl, welche in täglicher Laboratoriumsarbeit unmittelbar die Industrie betreiben, wie diejenigen, die sie mittelbar vom Katheder herunter zu fördern bestrebt sind, haben das Recht und die Pflicht, an der Lösung dieser Frage mitzuarbeiten.

Die Begründer der chemischen Industrie überhaupt, die Männer, die den Baum pflanzten, der heute uns Allen seinen Schatten spendet, waren entweder Autodidakten oder die Schüler eines Lavoisier, Davy, Berzelius, Klaproth. So hoch wir auch die Leistungen dieser Pioniere der technischen Chemie schätzen mögen, so werden wir doch die alten Küchen, in denen sie ihre ersten wissenschaftlichen Gehversuche machten, heute nicht mehr als typische Vorbilder zweckmässiger Unterrichtslaboratorien anerkennen. Die Zeiten haben sich geändert und wir stehen heute im Zeichen der chemischen Paläste. Nicht nur die Herstellung der chemischen Produkte, auch die Produktion der Chemiker selbst hat einen fabrikmässigen Charakter angenommen. Die Industrie bedarf vieler Kräfte und vermag es, sie zu erhalten. Der Staat hat das Recht und die Pflicht, für die Schulung dieser Kräfte zu sorgen und es wird von der Erwägung wechselnder Verhältnisse abhängen, welchen Umfang man den Instituten geben will, durch welche die gestellte Aufgabe bewältigt werden soll. Es wäre verfehlt, wenn man ausschliesslich den grossen oder auch den kleinen Unterrichtslaboratorien das Wort reden wollte. Ebensowenig wird heute noch Jemand erwarten, dass ein junger Chemiker seine gesamte Ausbildung bei einem einzigen Lehrer, in einem einzigen Laboratorium empfange. Die Forderung aber wird man stellen dürfen, dass, wo immer er auch gerade arbeite, er im geistigen Kontakt mit dem Leiter des Laboratoriums, der seine Sporen als Forscher bereits sich erworben hat, stehe. Das, was wir „Schule" nennen, die individuelle Eigenart in der Auffassung wissenschaftlicher Fragen, lässt sich nur einmal und nur unmittelbar übertragen. Die Schüler der Schüler von Berzelius stehen nicht mehr unter dem direkten Bann des grossen schwedischen Meisters. Das ist nicht mehr als recht und billig. Denn wenn die Macht der Individualität so gross wäre, dass sie sich durch Generationen forterben würde, so bliebe für die Weiterentwickelung kein Raum übrig.

Desto grösser ist die Macht der Persönlichkeit im direkten Kontakt zwischen Meister und Schüler. Demjenigen, den sein guter Stern in die Werkstatt eines bedeutenden Meisters führt und der, wohlverstanden, die Gepflogenheiten seiner Kunst von dem Meister selbst, nicht von den Gesellen des Meisters erlernt, erspart das gewonnene Vorbild die heissen Kämpfe, in denen der Autodidakt sich zu einer Methodik seiner Kunst durchringen muss. Denn auch der Autodidakt hat „Schule" — seine eigene. Aber da er ebenso lange ein schlechter Lehrer ist, wie er ein unerfahrener Schüler bleibt, so lehrt er sich neben vielen Wahrheiten auch tausend Irrtümer, die er später wieder abstreifen muss.

Bis zu einem gewissen Grade bleiben wir freilich Alle Autodidakten, denn wir lernen niemals aus. Auch der chemische Hochschulunterricht kann den jungen technischen Chemiker nur — um ein Gleichnis unseres Bismarck zu benutzen — in den Sattel heben; das Reiten muss er selber lernen.

Das bringt mich zu der Frage, welche Eigenschaften, Fähigkeiten und Kenntnisse ein junger Mann für das Studium der Chemie auf die Hochschule mitbringen soll. Hier werden einige Bemerkungen über den vorangegangenen Mittelschulunterricht kaum zu vermeiden sein.

Darin glaube ich, sind wir Lehrer der Chemie an Hochschulen alle einig, dass es uns herzlich gleichgültig ist, ob unsere jungen Studierenden in der Mittelschule schon Chemie getrieben haben, oder nicht. Aber das ist uns nicht gleichgültig, ob sie von der Natur zu chemischer Arbeit veranlagt sind oder nicht. Es giebt kaum eine Wissenschaft, bei welcher natürliche Neigung und Anlage für den späteren Erfolg so ausschlaggebend ist, wie bei der Chemie. Von diesem Standpunkte aus erhoffe ich mehr von der Zukunft des Abiturienten eines humanistischen Gymnasiums, der an Sonn- und Feiertagen seinen Stöckhardt studiert und hinter dem Rücken seiner Mutter bei bedenklichen Experimenten Löcher in ihre Tischdecken brennt, als von dem Oberrealschüler, dem der Direktor ins Zeugnis geschrieben hat: „Er scheint Neigung zur Chemie zu haben und gedenkt sich diesem Studium zu widmen." Obgleich ich um keinen Preis die Reste der Kenntnis der klassischen Sprachen missen möchte, die ich aus meiner Knabenzeit in das Mannesalter mir herüber gerettet habe, so stehe ich doch der bekannten Frage danach, welche von den drei Kategorien von Mittelschulen die geeigneteste Vorbildung für das Studium der Chemie abgebe, auf Seiten der Reallehranstalten. Nicht weil ich irgend welchen Wert auf die Kenntnisse lege, welche die Studierenden von diesen Anstalten mitbringen, sondern weil dieselben durch die bescheidene Pflege, welche sie den Naturwissenschaften gewähren, den Schülern Gelegenheit geben, sich schon vor Beendigung ihrer Schulzeit die Frage zu beantworten, ob sie für die Chemie die Begeisterung empfinden, die wir haben müssen, wenn wir ihr unser Leben weihen wollen. Der aussichtsloseste Student ist derjenige, welcher am Tage seiner Immatrikulation noch nie ein Experiment gemacht hat, weil er nie das Bedürfnis empfand, dies zu thun und der nur deshalb dem Studium der Chemie sich zuwendet, weil es „eine rasche Carriere" verbürgt, oder weil er einen Onkel hat, in dessen chemischer Fabrik er nach beendigtem Studium unterzukommen hofft. Leider ist die Zahl dieser Art von Studierenden der Chemie viel grösser, als man nach oberflächlicher Schätzung meinen sollte.

Der Drang nach der Erkenntnis des tieferen Wesens der Natur, diese grossartige Triebfeder aller chemischen Forschung, ist in jedem normal veranlagten Menschen vorhanden, aber er ist, wie alle anderen geistigen Anlagen, bei verschiedenen Menschen ganz verschieden stark entwickelt. Es ist gewiss sehr merkwürdig, dass kein Vater sich für berechtigt hält, seinen Jungen Maler werden zu lassen, wenn derselbe nicht schon von frühester Jugend auf jedes leere Blatt Papier, dessen er habhaft werden konnte, mit Zeichnungen bedeckt hat, dass aber trotzdem tausende von Vätern, deren Söhne nie das geringste Interesse für naturwissenschaftliche Dinge an den Tag legten, von den Hochschulen die Ausbildung ihrer Sprossen zu hervorragenden und erfolgreichen Chemikern erwarten.

(Schluss folgt.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Professor Dr. Th. Des Coudres.

Über die auf der „Internationalen Ausstellung für Feuerschutz und Feuerrettungswesen, Berlin 1901" ausgestellten elektrischen Apparate.

(Schluss.)

Ferner sind zu erwähnen Haustelegraphen- und Signalapparate aller Art, wie Wecker, Glocken, Läutewerke u. s. w.

Hingewiesen sei kurz auf den von der A.-G. Siemens & Halske konstruierten Membranwecker (Fig. 8 u. 9), der völlig gegen Staub und Feuchtigkeit geschützt ist und auch in Bergwerken eine Entzündung explosiver Gase durch den Unterbrechungsfunken des Weckers ausschliesst. Bei den Membranweckern wird der wasser- und gasdichte Abschluss durch eine Membran *f* (vgl. Fig. 8) erreicht, welche als flache Scheibe in eine Aussparung eines das Werk umschliessenden Gusseisengehäuses *l* ein-

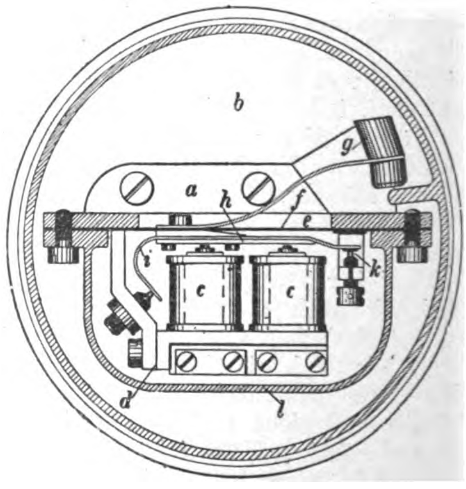


Fig. 8.

gelötet ist und an der äusseren Seite den Klöppel *g*, an der inneren den Anker *h* trägt.

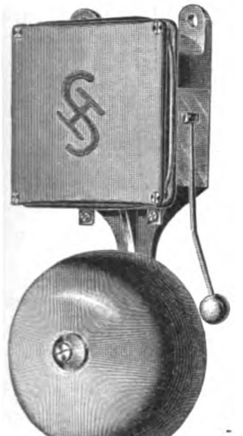


Fig. 9.

Hierher gehört auch der elektrische Fernzeiger derselben Firma, der bereits anlässlich der Pariser Ausstellung kurz erläutert worden ist.

Unter den Firmen, welche Blitzableiter und Blitzschutzapparate nebst zugehörigen Prüfungsapparaten fabrizieren, seien genannt: A.-G. Elektrizitäts-Werke vorm. O. L. Kummer & Co., Dresden, die die Wirkungsweise von Hörnerblitzableitern mittelst grossen Kohlschen Induktors zeigen, Hardegen, Hammacher & Paetzold, Xaver Kirchhoff, Friedenau, der die Blitzableiteranlagen der Ausstellungsbauten ausführte und Modelle von Blitzableiteranlagen ausstellt, A. G. Mix & Genest, Petsch, Zwietusch & Co., Siemens & Halske, Stöcker & Co.

Des Ferneren seien erwähnt: Wasserstandsfernmelder, Wärme- und Wächter-Kontrollapparate, elektrische Uhren.

Elektrische Messapparate sind ausgestellt von Gans & Goldschmidt, Berlin, Dr. Paul Meyer, A.-G. Berlin und Siemens & Halske.

Die Bergmann-Elektrizitäts-Werke sind mit ihrem bekannten Installationsmaterial „System Bergmann" vertreten.

Felten & Guilleaume, Carlswerk A.-G. Mühlheim und die Land- und Seekabelwerke A.-G. Köln-Nippes stellen Kabel für Telegraphen-, Telephon-, Licht- und Kraftübertragungsanlagen (bis zu 20000 Volt Betriebsspannung) aus.

Die elektrische Beleuchtungstechnik ist vertreten durch die A.-G. Elektrizitäts-Werke, vorm. O. L. Kummer & Co. mit Scheinwerfern und Bogenlampen, die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin mit Nernstlampen, Elektrizitäts-G. m. b. H. Hansen, Leipzig, mit Bogenlampen, System Hansen, durch welche auch die Beleuchtung der Ausstellung erfolgt, die Regina-Bogenlampenfabrik G. m. b. H. Köln mit ihren feuersicheren Regina-Bogenlampen, Elektrizitäts-A.-G. vormals Schuckert & Co., Nürnberg, Berlin, mit Scheinwerfern, unter denen sich ein solcher mit ca. 900 mm Spiegeldurchmesser auf dem Steigerturm der Ausstellung befindet, Bühnen-Beleuchtungs-Einrichtungen u. s. w., Schwabe & Co. Berlin, mit Effektbeleuchtung, K. Weinert Berlin, der verschiedene Reklamebeleuchtung, unter anderem auch eine „sprechende Reklame-Bogenlampe" mit automatischer Regu-

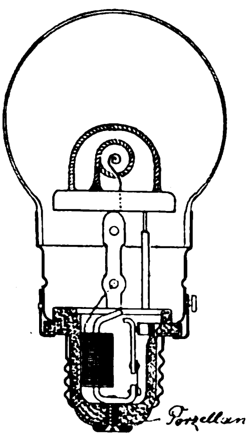


Fig. 10.

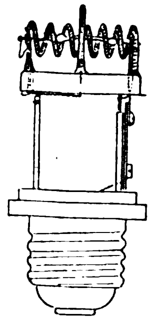


Fig. 11.

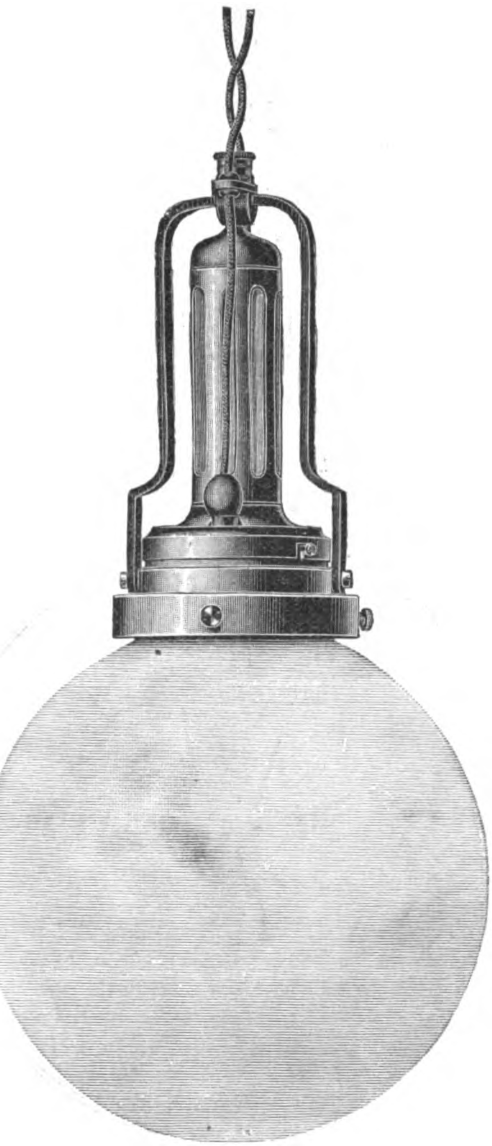


Fig. 12.

lierung, Bogenlampen für alle Zwecke und Schaltungen und Scheinwerfer für Lichtheilzwecke und Theater vorführt.

In dem den Besuchern der Pariser Weltausstellung bekannten Nernst-Pavillon der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft werden neben kleineren Nernstlampen (vgl. Fig. 10 u. 11) (40 und 80 Watt Energieverbrauch) die neuesten Nernstlampentypen (Mod. A) im Betrieb vorgeführt. Die Lampe Mod. A (100—200 Watt), deren äussere Ansicht Fig. 12 in $^1/_3$ natürlicher Grösse wiedergiebt, bietet eine

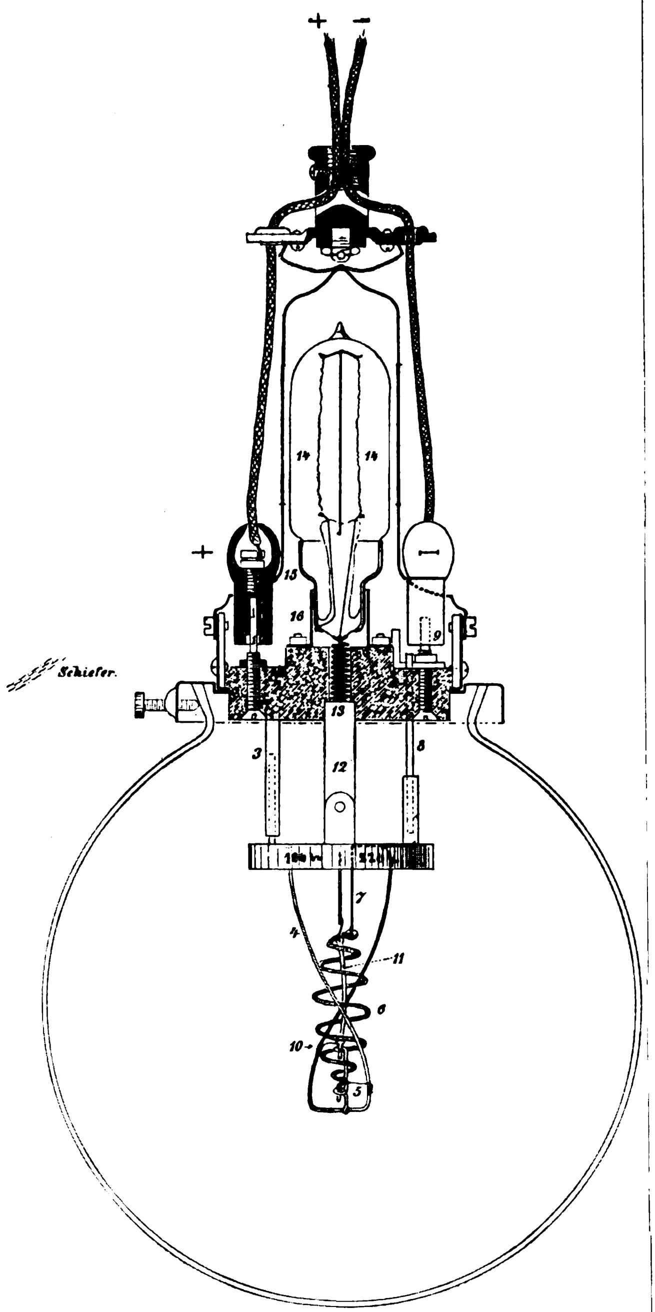


Fig. 13.

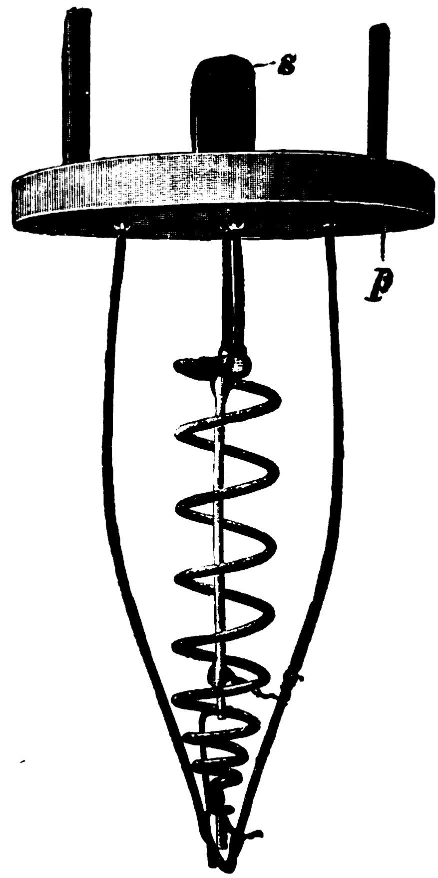


Fig. 14.

Lichtquelle mittlerer Intensität (65—135 NK) und ist dazu bestimmt. eine Gruppe von Glühlampen zu ersetzen.

Sie besteht, wie aus Fig. 13 ersichtlich, im

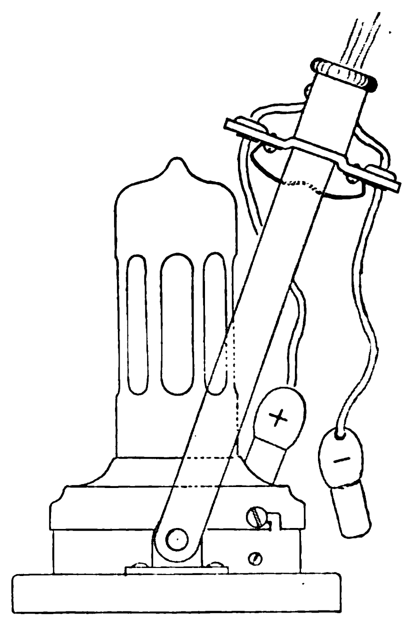


Fig. 15.

wesentlichen aus dem Brenner mit seinem Träger (vgl. Fig. 14), dem Gehänge (vgl. Fig. 15) mit der Lampenglocke und dem Vorschaltwiderstande.

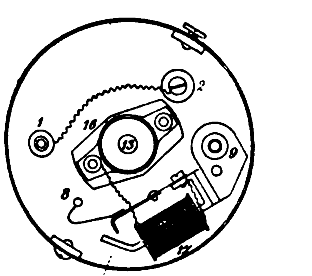
Letzterer befindet sich in einer evakuierten Glasbirne im oberen Teil der Lampe (vgl. Fig. 13, No. 14).

Ausserdem ist ein kleiner Elektromagnet vorhanden (vgl. Fig. 16, No. 17, der nach Erwärmung des eigentlichen Nernststäbchens den Strom durch die Heizspirale unterbricht.

Der leicht auswechselbare Brenner, der etwa eine Lebensdauer von 300 Stunden haben soll, ist auf einer Porzellanscheibe montiert, die durch eine Schraube an dem Streifen No. 12 in Fig. 13 befestigt wird. Um beim Einsetzen eines neuen Brenners jeden Irrtum auszuschliessen, ist auf der Fassung einerseits ein Draht No. 8 und andererseits ein Röhrchen No. 3 befestigt, welchen Teilen auf der Porzellanscheibe des Brenners einerseits ein Röhrchen, andererseits ein Draht entsprechen.

Der zur Speisung der Nernstlampen nötige Strom wird von einer A.-E.-G. Gleichstromdynamo erzeugt, die durch einen von der Firma Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinengesellschaft Nürnberg A.-G. gelieferten Dieselmotor von 76 H.-P. angetrieben wird.

Die Regina-Bogenlampe (vgl. Fig. 17), die nun etwas näher beschrieben werden soll, gehört zu der Klasse der Bogenlampen mit eingeschlossenem Lichtbogen, den sogenannten Dauerbrandlampen, welche direkt an ein Netz von 110 Volt einzeln eingeschaltet werden. Beifolgende Figur 18 zeigt die Regina-Dauerbogenlampe im Durchschnitt: Ein gezogenes Messingrohr 1 ist am oberen Ende mit einer Drahtspule 2 versehen, welche zur Bindung der magnetischen Kraftlinien mit einem Eisengehäuse 3 umgeben ist. Unter dem Eisengehäuse ist ein kleiner Widerstand 4 isoliert auf



Grundriss über der Schieferplatte.

Fig. 16.



Fig. 17.

dem Messingrohr montiert. Das untere, weite Ende des Messingrohres ist in einem eisernen Deckel 5 hineingeschraubt, und dieser ist isoliert mit dem Teller 6 durch 4 Schrauben verbunden. Mittels Überwurfringes 7 wird das kleine Innenglas 8 an den Teller 6 festgeschraubt. Die untere negative Kohle 9 ist in dem hermetisch an dem

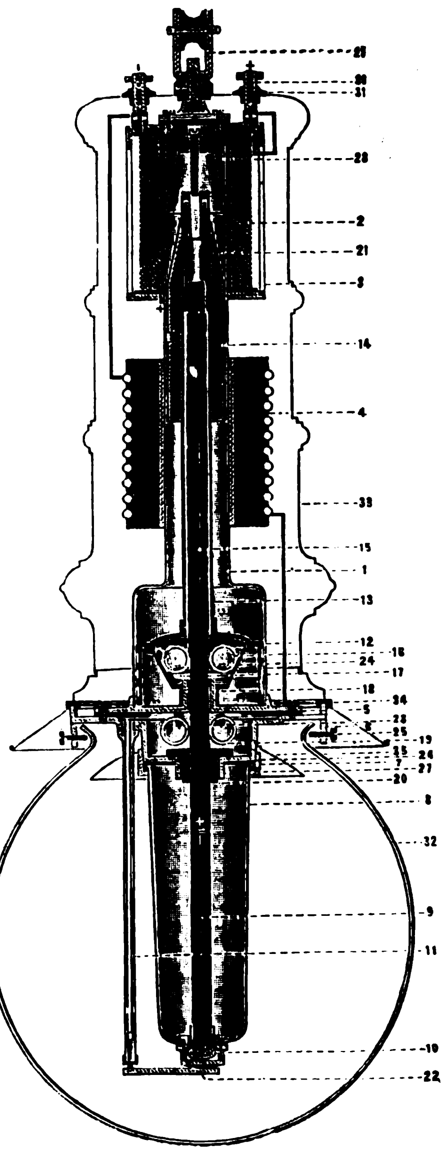


Fig. 18.

Innenglase angeschlossenen Kohlenhalter 10 befestigt. Das Luftzuführungsröhrchen 11 vermittelt den Kontakt zwischen der unteren Kohle und der negativen Leitung.

Im Innern des Messingrohres 1 befindet sich ein Luftbremskolben 12, welcher auf einem Rohre 13 einen Eisenkern 14 trägt, der so montiert ist, dass er, bei Erregung des magnetischen Feldes der Drahtspule, in dieselbe

hineingezogen wird. Das Rohr 13 umschliesst die obere positive Kohle 15, welche sich frei hierin bewegen kann und zwischen 3 kleinen Ringen 16, welche im Bremskolben an schrägen Flächen gleiten, festgeklemmt wird, sobald sich der Eisenkern in das Magnetfeld hineinzieht und der Klemmringträger 17 so den Stützpunkt auf dem kleinen Röhrchen 18 verliert. Rund um die Kohle herum befinden sich am oberen Deckel 5 vier kleine Kontaktringe 19, welche den positiven Strom der oberen Kohle zuführen. Die Funktion der Lampe ist folgende: Geht der positive Strom durch die Drahtspule, dann zieht sie den Eisencylinder in sich hinein, wodurch die Klemmringe frei werden und die Kohle festklemmen, welche dann mit in die Höhe genommen wird und so den Lichtbogen bildet. Die Pumpe dämpft dabei die Bewegungen des Magneten, und der negative Strom geht durch die Kohle und das Luftzuführungsrohr nach dem Widerstand und zur negativen Klemme in die Leitung zurück.

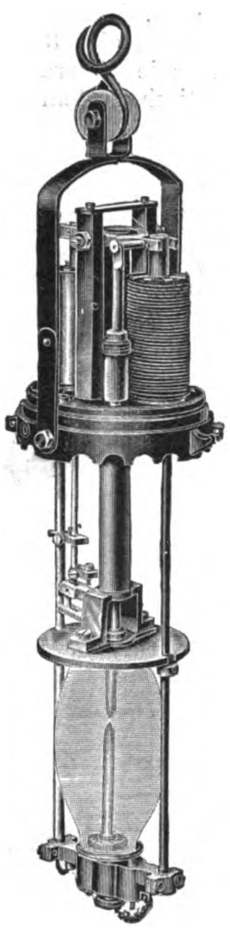


Fig. 19.

Die Lichtintensität ist infolge der vollkommenen Sauerstoffabsperrung bedeutend gesteigert (110 bis 120% der Bogenlampen mit offenem Lichtbogen), so dass die Lichtausbeute der Regina-Bogenlampe eine äussert vorteilhafte ist. Dieselbe nimmt auch bei längerem Betriebe nicht ab, da sich infolge der denkbar vollkommensten Verbrennung kein Ascheniederschlag im Inneren der kleinen Glocke bildet, wie bei den bisherigen Dauerbrandlampen. Das Licht ist ein angenehmes, ruhiges, weisses.

Die Lampe wird zunächst für Stromstärken von 1—8 Ampère bei 110 Volt gebaut und zwar in Typen für Innen- und für Aussenbeleuchtung. Zu bemerken ist noch, dass die Lichtausstrahlung bei der neuen Lampe mehr in die Breite unter 120—140° geht, was eine sehr gleichmässige Verteilung des Lichtes bei Beleuchtung von Innenräumen zur Folge hat.

Zu den Dauerbrandlampen gehört auch die von K. Weinert ausgestellte Sonja-Lampe, deren innere Anordnung Fig. 19 zeigt.

Elektrische Motoren und Apparate haben ausgestellt: A.-G. Elektrizitäts-Werke vorm. O. L. Kummer, Gebr. Körting, Körtingsdorf, Elektrizitäts-A.-G. vorm. Schuckert & Co. und Schumanns Elektrizitäts-Werke, Leipzig-Plagwitz.

Zu den elektrischen Apparaten gehören auch noch die elektrischen Koch- und Heizapparate (Emil Sinell, Berlin) und die elektrischen Gaszünder (Friedländer & Co., Berlin) und Gasfernzünder, welche neben den Gasselbstzündern (Deutsche Gasglühlicht-A.-G., Berlin) von der Multiplex, Internationalen Gaszünder-Gesellschaft, G. m. b. H., Berlin vorgeführt werden.

Diese Gasfernzünder von Morsteinscher Konstruktion benutzen zur Zündung Induktionsfunken. An den Brennern selbst sind dabei keine bewegten Teile, wie bei anderen Systemen, sondern nur feststehende Metallstücke, zwischen denen die Funken überspringen. Auch können eine Anzahl Flammen gleichzeitig entzündet werden.

Die für die Entstehung des sekundären Induktionsstromes und Funkens erforderliche Unterbrechung wird bei dem Morsteinschen Multiplex-Gasfernzünder nicht auf elektromagnetischem Wege, sondern in viel einfacherer Weise dadurch bewirkt, dass eine in die Primärleitung eingeschaltete Feder aus Uhrfederstahl, welche an einem Ende starr befestigt ist, von der Hand mittels eines drehbaren Knebels oder eines Ansatzes am Hahnküken selbst in Schwingungen versetzt wird und in rascher Folge eine Kontaktspitze aus Platin berührt.

Neben dieser Art der Multiplex-Zündung, Hahnzündung genannt, wo man nur nötig hat, den gemeinsamen Abstellhahn einer Flammengruppe zu öffnen und die Feder zu bethätigen, kommt auch die sogenannte Schalterzündung zur Verwendung, wo auch der Hauptabstellhahn einer Lampengruppe aus der Ferne elektromagnetisch geöffnet resp. geschlossen wird.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 4. Juni 1901.)

Personalien.

Der Mathematiker Dr. Ferdinand Caspary ist am 15. Juli im Augusta-Hospital zu Berlin, 48 Jahre alt, gestorben.

Prof. Dr. Erlenmeyer in Strassburg hat daselbst ein Unterrichtsinstitut für organische, anorganische und Nahrungsmittel-Chemie errichtet, das auch während der Ferien geöffnet ist.

An der Universität Erlangen hat sich Dr. phil. Arthur Wehnelt für Physik habilitiert.

An der Univnrsität Würzburg hat sich Dr. phil. Wilhelm Seitz für Physik habilitiert.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 45. 10. August 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die magnetische Theorie der Sonnen-Korona.[1])

Von Frank H. Bigelow.

Die magnetische Theorie der Sonnen-Korona zerfällt in zwei Teile; der eine besagt, dass der innere Kern der Sonne ein starkes magnetisches Feld hervorruft und der andere, dass die Oberfläche der Sonne Strahlen aussendet, welche aus feinen Teilchen elektrisch geladener Materie — Ionen oder Elektronen — bestehen. Die krummlinige Strahlung in den Polargegenden der Korona ist auf die Wirkung der magnetischen Kraftlinien, und das trichterartige Sprühen der Strahlen in der Nähe des Äquators auf die elektrische Abstossung zurückzuführen. Die gegenseitige Einwirkung beider Felder verursacht in den mittleren Breiten den quadrantisch verteilten oder synolinischen Charakter der Korona, wie man ihn im Mittel der Elf-Jahr-Periode findet, während zur Zeit des Minimums das magnetische und zur Zeit des Maximums das elektrische Feld vorherrscht. Der periodische Wechsel im Gleichgewicht der beiden Felder ist die Ursache des veränderlichen Aussehens der Koronastruktur.

Der Verfasser mass die Strahlen verschiedener Koronen in den Jahren 1889—1891, reduzierte dieselben unter Annahme eines sphärischen magnetischen Feldes, indem er sie auf eine Ebene senkrecht zur Sehrichtung projizierte, verfolgte die sichtbaren Teile der Risse rückwärts bis zu ihrer Basis auf der Sonnenoberfläche und fand, dass sie ihren Ursprung haben auf einer schmalen Ione, der 30^0 von den Polen absteht. Die Polargegenden waren arm an Strahlen, der Äquatorial-Gürtel war zu wirr, um richtig beurteilt werden zu können.

Schon 1895 hat H. Ebert-München folgende Beobachtungen angestellt:

„Kugeln, Platten und Cylinder von Eisen und Messing wurden in gasverdünnten Räumen der Wirkung elektromagnetischer Schwingungen ausgesetzt; ihre Umgebung leuchtete dabei, und die genannten Körper bekleideten sich mit strahlenförmigen Lichthüllen, deren Farbe und Aussehen je nach der Natur des Gases eine verschiedene war. Wurden diese Strahlen dann den Magnetkraftlinien eines kräftigen Feldes ausgesetzt, so zeigte sich Folgendes:

1. Spannen sich Magnetkraftlinien durch die gasverdünnten Räume, so erleichtern sie das Auftreten der strahligen Lichtgebilde. Bleiben dieselben, z. B. infolge zu grosser Verdünnung, aus, so treten sie sofort wieder ein, wenn man das Feld erregt.

2. Die strahlenförmigen Lichtgebilde sind bei einer mittleren Feldstärke am kräftigsten.

3. Sie folgen der Richtung der magnetischen Kraftlinien.

4. Wo die Kraftlinien sehr dicht sind und senkrecht zur Oberfläche in Eisenkörper eindringen, werden die Lichtstrahlen zur Seite gedrängt. Die Polarkalotten der magnetisierten Eisenkugeln z. B. werden dann ganz von Strahlen gesäubert; die Lichtgebilde umgeben in Form einer Manschette die Pole, die innere Begrenzung derselben folgt der Richtung der Kraftlinien.“[1])

Der Parallelismus zwischen der obigen Theorie der Sonnenkorona und Eberts Versuchen ist sehr weitgehend, in manchen Teilen fallen sie sogar zusammen.

Es konnte an verschiedenen Punkten eine gewisse Ähnlichkeit zwischen dem Korona-Licht und einer elektrischen Entladungsstrahlung, welche die Produkte der Ionisation der Dämpfe und Gase der Sonnenatmosphäre mit sich führt, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen späterer physikalischer Untersuchungen vorhergesagt werden.

Indem man von der Sonne auf die Erdatmosphäre überging, wurde die Anwendung der Ionisation auf Erscheinungen der Meteorologie, auf atmosphärische Elektrizität und die Änderungen des erdmagnetischen Feldes diskutiert und es lag die Ansicht nahe, dass die Bewegung der Ionen ein System magnetischer und ebenso ein solches elektrischer Kräfte in der Erdatmosphäre hervorrufe. Die Ände-

1) Ausführl. in: American Journ. of Science (4), 11, 253, 1901.

1) Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Lübeck, 1895, 51, § 18b.

rungen der Länge, die Wendepunkte in der täglichen Periode des Druckes, das elektrische Potential, der Dampfdruck und die Änderungen der magnetischen Kräfte zeigen einen fast synchronen Gang, in welchem die Zeit von 9 bis 10 Uhr vormittags und 9—10 Uhr abends ausgezeichnet ist. Die Störungen, welche das magnetische Erdfeld von Tag zu Tag beeinflussen, bilden längs der magnetischen Meridiane eine besondere Kurve, welche von der normalen Form der Intensitätskurve abweicht, wie sie entstehen würde, wenn die Erde in ein von aussen wirkendes Sonnenkraftfeld versetzt würde, und zwar sind die Abweichungen für den Tropengürtel positiv, für die gemässigten Zonen negativ. Diese Änderung ist ähnlich den von L. A. Bauer beobachteten in der Erdatmosphäre in Richtung der Breite verlaufenden elektrischen Strömen. Ebenso ist die Verteilung der täglichen Änderungen dieselbe wie bei den täglichen Windkomponenten in den mittleren Breiten. Die Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900 hat gezeigt, dass die Änderungen im täglichen magnetischen Erdfeld und in dem elektrischen Potential von dem Vorübergang des Mondschattens (Bauer, Elster[1]) abhängen. Diese Resultate sind alle ohne Ausnahme den Einflüssen der Ionisation — oder eines analogen Vorganges — in der Erdatmosphäre zuzuschreiben.

Der Gegenstand wird in einem demnächst erscheinenden Bericht über die Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900 von dem Verfasser in grösserer Ausführlichkeit behandelt werden.

1) Vgl. diese Zeitschr. **2**, 66, 1900.

U. S. Wetter-Bureau, Washington.

(Aus dem Englischen übersetzt von C. Forch.)

(Eingegangen 4. Juli 1901.)

Über einige verwandte elektrische Erscheinungen.

Von K. R. Johnson.

Neuerdings wurde meine Aufmerksamkeit auf ein paar Mitteilungen gelenkt, die von Herrn Tommasina und Viol schon im Vorjahre in dieser Zeitschrift veröffentlicht wurden, und welche mein besonderes Interesse erweckt haben.[1]) Die darin besprochenen zuerst von Herrn Bezold beobachteten Erscheinungen sind die elektrischen Schwingungen, die in zwei an den Konduktoren einer Influenzmaschine befestigten und miteinander parallel fortlaufenden Drähte stattfinden. Diese elektrischen Schwingungen werden von Herrn Viol als eine Folge der mechanischen oder akustischen Schwingungen, in welche die Drähte gleichzeitig versetzt werden, betrachtet, eine Deutung, die mir jedoch kaum wahrscheinlich scheint, weil ja die elektrischen Schwingungen eine Frequenz besitzen, die etwa 10^6 mal grösser als diejenige der mechanischen Schwingungen ist. Mechanische Erschütterungen begleiten stets die Entladungen knallender Funken, und die mechanischen Schwingungen dürfen wohl wie die elektrischen den Funken ihr Entstehen verdanken, ohne deswegen eine innige Beziehung zwischen den verschiedenartigen Schwingungen nötig zu machen. Ueber die Fähigkeit der disruptiven Entladungen elektrische Schwingungen hervorzurufen kann wohl kein Zweifel existieren, da diese Schwingungen ja in den meisten Fällen, wie beim Hertzschen Erreger, bei der Teslaspule u. s. f. stets mit Funkenentladungen notwendig verbunden sind. Soeben sind die oben erwähnten Versuche von Herrn Negreano wiederholt und erweitert worden, und er hat ähnliche Erscheinungen beim Ziehen der Drähte sowohl durch eine Röhre als in freier Luft hervorgerufen.[1])

Ein vorzügliches Interesse bietet eine Vergleichung folgender Erscheinungen dar:

1. Das Verhalten des Funkenpotentiales bei den s. g. elektrostatischen Entladungen.

2. Die elektrischen Schwingungen, die in den mit der Influenzmaschine verbundenen geraden Drähten erzeugt werden (oder die ähnlichen Schwingungen in einem mit einem Induktorium verbundenen Hertzschen Erreger).

3. Die Knallgasentwickelung, die von mit den Konduktoren einer statischen Maschine verbundenen Wollastonschen Spitzelektroden erzeugt werden (eine Erscheinung, die ebenso bei Induktionsapparaten beobachtet wird).

4. Die Vorgänge beim Wehneltschen Unterbrecher.

Die Beziehung zwischen dem Entladungspotentiale und der von einer Wollastonschen Elektrode entwickelten Knallgasmenge habe ich bereits früher besprochen[2]), und die von Herrn Viol beschriebenen Erscheinungen waren mir dabei leider unbekannt; ich wurde deswegen genötigt die Knallgasentwickelung als einen Beweis der Änderung des Entladungsfeldes vorzuführen, und demzufolge muss ich die Beobachtungen von Herrn Viol als eine thatsächliche Bestätigung der Richtigkeit meiner Schlussfolgerungen betrachten.

Die Beziehung der drei ersten der oben besprochenen Erscheinungen kann schematisch folgenderweise dargestellt werden.

1) Th. Tommasina, Phys. Zeitschr. **1**, 435, 1900; O. Viol, Phys. Zeitschr. **1**, 465, 1900.

1) D. Negreano, C. R. **132**, 1404, 1901.
2) Ann. d. Physik **3**, 461, 1900 und **5**, 121, 1901.

A.

1. Das Entladungspotential des ersten Funkens ist stets grösser als dasjenige der folgenden.

2. Die Intensität der in den Paralleldrähten beobachteten Schwingungen bleibt stets schwächer, wenn die Mikrometerkugeln so weit entfernt sind, dass der Abstand das Überspringen eines Funkens unmöglich macht.

3. Die Knallgasentwickelung ist beim Unterdrücken der Funkenentladung stets bedeutend schwächer als beim Überschlagen der Funken (Faraday, Exp. Researches, I, Art. 329, S. 92, 1849).

Beim Unterdrücken der Funkenentladung rühren die Schwingungen offenbar nur vom intermittierenden Zuflusse der Elektrizität von den Saugkämmen der Maschine her, und weil diese Schwingungen sehr schwach sind, so muss das Entladungspotential des ersten Funken grösser sein als dasjenige der folgenden, die in einem von den durch die Funken verstärkten Schwingungen bewirkten kräftigeren Entladungsfelde stattfinden.

B.

1. Die Funkenentladungen verlaufen regelmässiger, wenn der positiv geladene Konduktor zur Erde abgeleitet wird, als bei Ableitung des negativen Konduktors.

2. Die in den Paralleldrähten beobachteten Schwingungen sind stärker am Drahte des positiven Konduktors, wo sie als leuchtende Striche wahrgenommen werden, als am Drahte des negativen Konduktors, wo sie nur als Punkte erscheinen (Viol, Negrano).

3. Eine zugehörige Beobachtung hinsichtlich der Knallgasentwickelung fehlt, weil ja die Knallgasmenge vorwiegend von den Oberflächen der Elektrodenspitzen abhängt.

Dass die beobachteten Entladungspotentiale besser übereinstimmen müssen, je kleiner die Potentialschwankungen sind, ist unmittelbar ersichtlich.

C.

1. Die elektrostatischen Entladungspotentiale werden von der Kapazität der Leydener Flasche nicht beeinflusst (Heydweiller).

2. Die Schwingungen in den Paralleldrähten werden von dem Anhängen einer Leydener Flasche nicht beeinflusst (Viol).

3. Wenn der Konduktor, an welchem die eine Wollastonsche Elektrode befestigt worden ist, zur Erde abgeleitet wird, so hört trotzdem die Knallgasentwickelung an dieser Elektrode nicht auf. (Ann. d. Phys. 3, 467, 1900).

D.

1. Das Entladungspotential steigt mit zunehmender Funkenlänge.

2. Die an den Paralleldrähten beobachteten Schwingungen werden mit zunehmender Funkenlänge kräftiger, indem die Striche des positiven Drahtes stärker leuchten, und die am negativen Drahte beobachteten leuchtenden Punkte in Striche übergehen (Viol, Negreano).

3. Die an den Wollastonschen Spitzenelektroden entwickelten Knallgasmengen nehmen mit wachsender Funkenlänge zu. (Faraday).

E.

2. Wenn der eine Draht mit der Erde statt mit dem Konduktor verbunden wird, so leuchtet er schwach, wenn der Abstand der Drähte hinlänglich klein gewählt wird (Negreano), was offenbar eine Folge der gegenseitigen Induktion ist.

3. Wenn die eine Wollastonsche Elektrode aus der elektrolytischen Flüssigkeit emporgehoben wird, so findet die Gasentwickelung dessen ungeachtet an der zurückgebliebenen Elektrode fortwährend statt, was somit die Unabhängigkeit der Erscheinung von einer Strömung der Elektrizität vom einen zum anderen Konduktor beweist.

Aus den in den folgenden angeführten Gleichungen (5) geht hervor, dass bei frei endigenden Drähten die Wellenlängen zu der Drahtlänge durch die Beziehung

$$\lambda = \frac{2l}{m+1},$$

wo $m = 0, 1, 2, 3,$ u. s. f., ausgedrückt werden. Das von Herrn Viol beobachtete ganzzahlige Verhältnis der Schwingungen ist somit keineswegs von einer Beziehung zur mechanischen Schwingung abhängig. Warum die verschiedenen Wellenlängen beim Variieren der Funkenlänge wechseln, scheint mir aber unerklärlich.

In vorstehenden Zusammenstellungen und Bemerkungen dürfte wohl die Abhängigkeit des Entladungspotentiales von der zeitlichen Änderung des Entladungsfeldes unzweideutig hervorgehoben sein. Überdies verweise ich auf meine früheren Arbeiten über diesen Gegenstand.

Was endlich den elektrolytischen Unterbrecher betrifft, so deuten viele Umstände auf eine Beziehung zwischen den Vorgängen bei demselben und denen bei den Wollastonschen Spitzelektroden. In der That sind sie ja auch nach demselben Prinzipe angefertigt. Wenn Wollastonsche Spitzelektroden im sekundären Kreise eines Induktoriums eingeschaltet werden, so kann man einen ausgeprägten Einfluss derselben auf den Gang des Foucaultschen Unterbrechers im Primärkreise wahrnehmen, indem derselbe periodisch beschleunigt und verzögert

wird.[1]) In der That stimmt die von Herrn Simon gegebene Theorie der Wehneltunterbrecher vollkommen gut mit der Erfahrung, aber man darf dabei berücksichtigen, dass diese Theorie in der That nur voraussetzt, dass die Joulesche Stromwärme entweder vom Strome bestimmt wird oder den Verlauf des Stromes bestimmt, und dass diese Theorie deswegen die letztere Voraussetzung nicht notwendig fordert.[2]) Von diesem Gesichtspunkte ausgehend habe ich die Dauer der Eigenschwingung des Primärkreises zu berechnen versucht; und obgleich ich diese Berechnung als eine rohe Annäherung betrachte, so deutet sie wohl an, dass die von Herrn Simon dargestellte Formel sich an die Dauer der Eigenschwingung der Primärspule anschliesst. Um die mitzuteilende Berechnung abzukürzen gehe ich von einigen neuerdings im Journal de Physique veröffentlichten Formeln aus, nämlich

$$5)\quad tg\, 2\pi \frac{l_1}{\lambda} = \frac{c\lambda}{2\pi\gamma_1} \text{ und } tg\, 2\pi \frac{l_2}{\lambda} = \frac{c\lambda}{2\pi\gamma_2}$$

nebst

$$8)\qquad \lambda = \frac{v_0 T}{\sqrt{n}},$$

wo $l = l_1 + l_2$ die Länge des Drahtkreises, λ die Wellenlänge, T die Schwingungsdauer, c die Kapazität des Drahtes pro Längeeinheit und γ_1 und γ_2 die an den Drahtenden angebrachten Kapazitäten bedeuten. Mit v_0 wird die kritische Geschwindigkeit bezeichnet und mit n die Dielektrizitätskonstante des den Draht umgebenden Dielektrikums.[3])

Die vorstehenden Gleichungen sind zwar unter der Voraussetzung eines geraden Drahtes abgeleitet worden; wenn wir aber die von Herrn Marconi bei seinen funkentelegraphischen Versuchen beobachtete Thatsache, dass ein auf Resonanz mit einem geraden Drahte abgestimmtes Solenoid ganz einfach durch Aufwinden derselben Drahtlänge angefertigt wird[4]), benutzen dürfen, so können wir daraus schliessen, dass die Schwingungsdauer einer Spule annäherungsweise dieselbe wie die eines geraden Drahtes gleicher Länge bleibt, und demgemäss können wir die obigen Gleichungen hier verwenden.

Wenn γ_1 die Kapazität der Anodenspitze bedeutet, so haben wir $\gamma_1 = 0$ und die erste Gleichung (5) wird

$$\frac{2\pi l_1}{\lambda} = \frac{\pi}{2} \text{ oder } \lambda = 4 l_1,$$

wenn wir uns auf die Ermittelung der Grundschwingung beschränken. Da die am entgegengesetzten Ende des Primärleiters angebrachte Kapazität wenig bedeutend ist, so können wir die zweite Gleichung (5) ganz einfach

$$Cot\left(\frac{\pi}{2} - 2\pi\frac{l_2}{\lambda}\right) = \frac{c\lambda}{2\pi\gamma_2}$$

oder

$$\frac{c\lambda}{2\pi\gamma_2} \cdot tg\left(\frac{\pi}{2} - 2\pi\frac{l_2}{\lambda}\right) = 1$$

schreiben, und wenn wir die Tangenten durch den Bogen ersetzen, so ergiebt sich annäherungsweise

$$\frac{c\lambda}{2\pi\gamma_2} \cdot \left(\frac{\pi}{2} - 2\pi\frac{l_2}{\lambda}\right) = 1$$

oder

$$\lambda = 4 l_2 + 4\frac{\gamma_2}{c}.$$

Da $l = l_1 + l_2$ die ganze Drahtlänge bedeutet, haben wir demzufolge

$$\lambda = 2l + \frac{2\gamma_2}{c}$$

und mit Benutzung der Gleichung (8) erhält man

$$T = \frac{2\sqrt{n}}{v_0}\left[l + \frac{2\gamma_2}{n} \cdot log\frac{2l}{d}\right]$$

wenn die Kapazität γ_2 im elektrostatischem Masse angegeben wird, weil $c = \frac{n}{2\, log \frac{2l}{d}}$ in demselben Masssysteme ist. d bedeutet den Durchmesser des Drahtes.

Die obige Formel zeigt eine auffallende Ähnlichkeit mit der von Herrn Simon aufgestellten. Das erste Glied enthält hier die Drahtlänge statt des Selbstinduktionskoeffizienten und das zweite Glied ist auch hier mit der Kapazität proportional. Die Grösse $log\frac{2l}{d}$ variiert sehr wenig, und man kann somit wenigstens schliessen, dass die hier gegebene Formel auch mit den Beobachtungen annäherungsweise übereinstimmen muss, wenn es sich um eine Spule ohne Eisenkern handelt. Wenn sie auch weniger gut mit der Erfahrung übereinstimmen würde, so kann dies lediglich als Annäherungsfehler gedeutet werden, und wir können deswegen mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die vom Wehneltunterbrecher erzeugte Schwingungsdauer mit der Dauer der Eigenschwingung des Primärkreises proportional ist, und dass wir die Wärmeentwickelung nur als eine Folge zu betrachten brauchen. Wenn die Wärmeentwickelung als Ursache des Unterbrechers hervorgehoben werden könnte, so würde überdies die Abkühlung der Anode die Thätigkeit des Unterbrechers unter Umständen beeinträchtigen können.

Der eigentliche Unterschied zwischen dem Wehneltunterbrecher und der Wollastonschen Spitzelektrode würde dann darin bestehen, dass die erste Unterbrechung vom Strome selbst be-

1) Vgl. Ann. d. Phys. 3, 744, 1900.
2) H. Th. Simon, Wied. Ann. 68, 273, 1899.
3) Journ. de Phys. 10, 365, 1901. Die auf S. 371 gedruckten Formeln enthalten einige Druckfehler indem x statt n und α statt d steht.
4) G. Marconi, The Electrican, 47, 172, 1901.

wirkt werden muss, indem dabei die Schwingungen noch nicht vorhanden sind, was auch von einer Beobachtung von Herrn Mizuno angedeutet wird.[1]) Wenn nämlich der Eisenkern aus der Induktionsspule herausgezogen wurde, konnte er die Thätigkeit des Unterbrechers durch einfaches Hineinschieben des Eisenkernes nicht wieder erwecken.

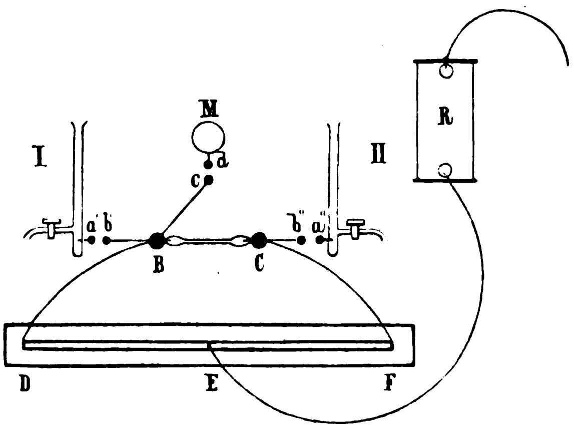
1) T. Mizuno, Phil. Mag. 1, 248, 1901.

(Eingegangen 15. Juli 1901.)

Verwendung von Geisslerröhren zur Messung kleiner Kapazitäten.

Von J. Borgmann, St. Petersburg.

Als ich unter sehr thätiger Mitwirkung von Herrn Petrowski das Leuchten von Geisslerröhren bei verschiedener Verbindungsweise derselben mit den Polen eines Induktors beobachtete, (cf. Journ. d. russ. phys. chem. Ges. 31 pg. 200) nahm ich ein sehr interessantes Leuchten bei folgender Anordnung wahr: Ein Induktorpol (der gewählte Induktor hatte eine Funkenlänge von nur 3 cm) ist geerdet, der andere mittelst eines langen, dünnen Drahtes mit einer Platinelektrode E verbunden, die sich in einer mit halbleitender Flüssigkeit gefüllten Rinne DF eines Paraffinblocks befindet. An beiden Enden dieser Rinne befinden sich zwei weitere Platinelektroden D und F, welche mittelst zweier gleichlanger Drähte mit den Quecksilbernäpfen B und C verbunden sind. Zwischen beiden Quecksilbernäpfen ist eine Geisslerröhre eingeschaltet. Letztere beginnt bei dieser Art der Verbindung jedesmal zu leuchten, sobald der Induktor seine Thätigkeit beginnt. Das Leuchten zeigt keine Spur einer Polarität und ein Richtungswechsel des primären Stroms ändert den Charakter der Erscheinung nicht. Grossen Einfluss auf das Leuchten aber übt die Lage der Elektrode E aus, sowie die Anbringung einer Kapazität an die Näpfe B oder C. Wenn an keinen derselben eine Kapazität angeschlossen ist und die Elektrode E sich in der Mitte der Rinne befindet, so erscheint in der Mitte des engen Teiles der Geisslerröhre ein scharf begrenzter dunkler Raum, welcher vollkommeu unverändert bleibt, solange der Unterbrecher des Induktors gleichmässig arbeitet. Zu beiden Seiten dieses dunklen Raumes, den wir der Kürze halber als „Knoten" bezeichnen wollen, ist das Leuchten der Röhre vollkommen das gleiche. Der Knoten ändert seine Lage in der Röhre, sobald E aus seiner ursprünglichen Lage verschoben wird. Ebenso verschiebt sich der Knoten auch, sobald an einen der Näpfe B oder C eine Kapazität angeschlossen wird. In diesem



Falle kann jedoch der Knoten in seine frühere Lage zurückgebracht werden, wenn auch an den anderen Napf eine Kapazität und zwar eine ebensogrosse angeschlossen wird.

(Eine genaue Bestimmung des Einflusses, welcher durch die Änderung des Selbstinduktionskoeffizienten des zwischen Rinnenelektrode und Röhrenelektrode eingeschalteten Leiters auf die Knotenlage ausgeübt wird, ist mir bislang noch nicht gelungen. Ebenso gelang es auch den Einfluss des Widerstandes dieses Leiters auf die Knotenlage nur in den Fällen wahrzunehmen, wo dieser Widerstand sehr gross war.)

Die Versuche lehrten, dass 3 Vorbedingungen erfüllt sein mussten, damit der auftretende Knoten scharf begrenzt erschien und seine Lage bei Verschiebung von E oder Kapazitätsanschluss sich leicht änderte: 1) musste die Rinne mit einer Flüssigkeit von bestimmter Leitfähigkeit gefüllt sein (mit destilliertem Wasser, gemischt mit Flusswasser oder einprozentiger Mannitlösung, wie sie Prof. Nernst bei Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten verwendet, 2) war ein gleichmässig arbeitender Unterbrecher erforderlich (besonders gut bewährte sich ein Saitenunterbrecher), 3) musste man eine gut evakuierte Geisslerröhre verwenden.

Um die obige Erscheinung zur Messung kleiner Kapazitäten zu verwenden, ist es offenbar notwendig, dass man zur Kompensation der zu messenden Kapazität eine andere zur Verfügung hat, deren Grösse zwischen bekannten Grenzen geändert werden kann. Zu diesem Zwecke können, wie die Erfahrung lehrt, sehr bequem gewöhnliche Büretten mit eingeschmolzenem Platindrahte Verwendung finden, welche mit einem grösseren oder geringeren Quecksilberquantum gefüllt werden. Freilich hat man die zur Messung dienende Bürette zunächst inbezug auf ihre Kapazität zu graduieren.

Um die Graduierung, wie überhaupt die Anwendung der zu beschreibenden Methode bequemer zu gestalten, wurden bei meinen Versuchen zwei gleiche Büretten gewählt. Die bei-

gegebene Figur stellt die Anordnung dieser Büretten schematisch dar. Die Büretten wurden mit den Elektroden der Geisslerröhre mit Hilfe von Quecksilbernäpfchen a', b' und a", b", die in zwei Paraffinklötzchen angebracht waren, und zwei Klammern aus dünnem Drahte verbunden. Das Graduieren wurde mit Hilfe einer Metallkugel M (von 2,35 cm Radius) bewerkstelligt; letztere konnte mit den Elektroden der Geisslerröhre mittelst der Quecksilbernäpfe c und d in Verbindung gesetzt werden.

Um sich von der Brauchbarkeit der genannten Methode zur Kapazitätsbestimmung zu überzeugen, wurden Messungen der Kapazität von Metallkugeln verschiedener Grösse, sowie eines kupfernen Ringes ausgeführt, dessen Durchmesser 10 cm, dessen Dicke 1 cm betrug. Nach der Formel von Bulgakow (cf. Journ. d. russ. phys. chem. Ges. 30, pg. 45, 126) ergeben sich für die Kapazität eines solchen Ringes 3,685 C. G. S. elektrostatische Einheiten, während die nach unserer Methode vorgenommenen Messungen 3,85 C. G. S. elektrostatische Einheiten lieferten. Somit gab die Beobachtung einen etwas grösseren Wert, als die Berechnung. Das musste auch der Fall sein, da der Ring nicht genügend weit von der Tischfläche entfernt war, auf welcher alle Apparate standen; die mit der Erde leitend verbundene Tischfläche aber musste eine, wenn auch geringe Kondensatorwirkung ausüben.

Nach unserer Methode wurden die Dielektrizitätskonstanten flüssiger Isolatoren bestimmt. Zu diesem Zwecke wurde die Kapazität einer kleinen Metallkugel gemessen, welche im Innern eines Glasgefässes aufgehängt war; letzteres tauchte in Wasser, das zur Erde abgeleitet war und wurde die Kapazität gemessen einmal, während sich im Glasgefässe Luft, dann die zu untersuchende Flüssigkeit befand.

Wenn man mit B oder C, d. h. mit einer der Röhrenelektroden eine zweite Geisslerröhre oder eine elektrodenlose Röhre an einem Ende verbindet, während das andere Ende derselben isoliert bleibt, so ruft das, wie überhaupt das Anbringen einer Kapazität eine Knotenverschiebung hervor. Auf diese Weise wird es möglich unter Benutzung der beschriebenen Erscheinung die „Kapazitäten" von Röhren zu bestimmen, die mit verdünnten Gasen gefüllt sind.

Die vorgenommenen Versuche gaben für Röhren von demselben Typus, die aus der gleichen Werkstatt hervorgegangen waren, nahezu gleiche Werte der Kapazität. Es muss hierbei bemerkt werden, dass bei Anschluss einer elektrodenlosen Röhre nur dann in der Geisslerröhre eine Knotenverschiebung auftritt, wenn die erstere zum Leuchten kommt; bleibt sie dunkel, was, wie bekannt häufig eintritt, wenn der Induktor eben in Thätigkeit versetzt wird, so wird durch sie keine Knotenverschiebung bewirkt.

Die Kapazitätsbestimmungen an einer und derselben Geisslerröhre mit variierbarem Vakuum zeigten, dass mit Zunahme des Verdünnungsgrades die Kapazität bis zu einer gewissen Grenze zunimmt, dann aber bei weiterer Erhöhung des Vakuums abnimmt. Als Beispiel seien hier die Resultate mitgeteilt, welche die Herren Afanasjew und Lopuchin bei Messungen erhielten, die sie auf meinen Vorschlag ausführten. Die verwendete Röhre war eine Plückersche.

Luftdruck	Kapazität
Atmosphärendruck	0,85 C. G. S. elektrost. Einh.
25 mm	2,49
15	2,98
11	3,42
9	3,85
7	4,33
2	4,36
1	4,62
0,25	4,46
0,13	4,32
0,02—0,04	3,92

Es wurden auch Kapazitätsmessungen für zwei und drei hintereinander geschaltete Geisslerröhren ausgeführt, wobei die freie Elektrode der ersten Röhre mit dem Quecksilbernapfe d in Verbindung gesetzt wurde. Die Versuche zeigten, dass im gegebenen Falle die Kapazität eines solchen Systems hintereinander geschalteter Röhren kleiner ist als die Summe der Kapazitäten der einzelnen Röhren. Es wurde ferner eine Röhre hergestellt, die aus drei durch Hähne in Kommunikation zu setzenden gleichlangen Abschnitten bestand. In das zugeschmolzene Ende der Röhre ragte ein als Elektrode dienender Platindraht hinein. Die Röhre wurde evakuiert und darauf zunächst die Hähne geschlossen, während die Röhre selbst isoliert aufgehängt war. Es leuchtete jetzt nur der Abschnitt, in welchem sich die Elektrode befand. Nach Öffnung des ersten Hahnes erstreckte sich das Leuchten auch auf den zweiten Abschnitt, nach Öffnung des zweiten Hahnes auf alle drei Abschnitte. Die Kapazitätsmessungen ergaben, dass die Kapazität dreier leuchtender Röhrenabschnitte beträchtlich geringer war, als die doppelte Kapazität des ersten Abschnitts und die Kapazität dreier leuchtender Abschnitte beträchtlich geringer, als die dreifache Kapazität des ersten Teiles. Etwas ganz Ähnliches beobachtet man an schwachleitenden Flüssigkeitssäulen.

Von Interesse ist noch ein Versuch, bei welchem zwei parallel zu einander angebrachte Röhren mit oder ohne Elektroden gewissermassen einen Kondensator bildeten. Stellt man parallel zu einer Lecherschen, mit der Geislerröhre einseitig verbundenen Röhre eine isolierte zweite Röhre auf und leitet deren Ende nicht zur Erde ab, so leuchtet nur die erste von beiden Röhren und man erhält denselben Wert für die Kapazität, als ob die zweite

Röhre überhaupt nicht in der Nähe vorhanden wäre. Sobald man jedoch das Ende der zweiten Röhre zur Erde ableitet, beginnt auch sie zu leuchten, während zugleich die Helligkeit der ersten Röhre und ihre Kapazität zunimmt. In dieser Weise wurden z. B. folgende Resultate erhalten.

Kapazität der I Lecherschen Röhre, während die ihr parallele II nicht abgeleitet war . . . 6,85 C. G. S.

Kapazität der I Lecherschen Röhre, während die ihr parallele II abgeleitet war . . . 11,34 C. G. S.

Im letzteren Falle war leicht zu beobachten, dass eine Entfernung resp. Annäherung der zweiten Röhre eine Kapazitäterniedrigung, resp. Steigerung der ersten Röhre zur Folge hatte.

(Aus dem Russischen übersetzt von H. Pflaum).

(Eingegangen 20. Juli 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Ausbildung der Chemiker für die Technik.

Von Otto N. Witt.

(Fortsetzung und Schluss.)

Es ist gesagt worden, dass die Mittelschule lediglich die Aufgabe habe, den Geist des heranwachsenden Menschen zu logischem Denken zu schulen und dass es ziemlich gleichgültig sei, ob sie als Hilfsmittel dazu das Studium der alten Sprachen oder mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer benutze. Ich kann mich nicht auf diesen Standpunkt stellen, sondern möchte die ethische Aufgabe der Mittelschule etwas höher und weiter gefasst sehen. Die Mittelschule soll den heranwachsenden Knaben mit einem gewissen Vorrat an allgemeinen Kenntnissen ausrüsten, der ihn in derselben Weise befähigt, an seiner allgemeinen Bildung selbst weiter zu arbeiten, wie es das nachfolgende Fachstudium an der Hochschule für eine bestimmte Wissenschaft thun soll. Beide Arten des Unterrichtes sollen, jede in ihrer Weise und in einer dem Alter des Lernenden angemessenen Form, den Menschen in den Sattel setzen, das Reiten muss er selber lernen. Den Mittelschulunterricht lediglich als Vorbereitung für das Fachstudium zu betrachten, hiesse seine Bedeutung unterschätzen. Er soll uns junge Leute liefern, welche sich zu Menschen von einer umfassenden allgemeinen Bildung auswachsen, denn darüber sind wir uns Alle einig, dass ein ungebildeter Mensch auch kein ordentlicher Chemiker werden kann.

Den schweren Vorwurf aber kann ich der Mittelschule, und zwar allen Abarten derselben, nicht ersparen, dass sie bei der Lösung ihrer Aufgabe so ganz und gar sich auf gewisse Fähigkeiten des menschlichen Geistes stützt, dass andere, gleich wichtige, darüber fast verkrüppeln. Es ist fast alles Gedächtnisskram in unserer heutigen Mittelschule, dagegen wird das Beobachtungsvermögen, auf welches wir als Chemiker wohl eben so grossen Wert legen müssen, wie auf das Gedächtnis, nicht im geringsten gepflegt. Die grossen offenen Augen, aus denen das noch ungeschulte Kind in die Welt hinausblickt, schliessen sich umsomehr, je länger es in der Schule bleibt. Die grösste Mühe, welche uns chemischen Hochschullehrern erwächst, besteht darin, die letzten glimmenden Funken von Beobachtungsvermögen, welche dem jungen Mann aus seinen Kindertagen noch geblieben sind, wieder zur hellen Glut anzufachen. Und sehr oft finden wir nur Asche, wo wir nach Feuer suchen.

Obgleich nun alle Mittelschulen nach einem einheitlichen, ihnen vorgeschriebenen Plane arbeiten, so besteht doch nicht bei allen in gleichem Masse diese Gefahr einer Verkümmerung des Beobachtungsvermögens. Ein einziger Lehrer, der aus Instinkt oder Überzeugung den Beobachtungssinn seiner Schüler wachhält, kann oft Wunder wirken; eine einzige von einem führenden Lehrer richtig geleitete Exkursion an einem schönen Sommertage vermag den regen Geist junger Kinder auf lange Zeit hinaus in die richtigen Bahnen zu lenken und unendlich viel vermag auf diesem Gebiete die Anregung der Eltern und der Freunde des väterlichen Hauses zu thun. Ich erinnere an das schöne Beispiel der Lebensgeschichte Wöhlers, in dessen Knabenzeit schon der Keim zu dem gelegt wurde, was sich später zu so hoher Vollendung entwickelte.

Jedenfalls haben wir bei der Organisation unseres chemischen Hochschulunterrichtes mit der Thatsache zu rechnen, dass die Mittelschule lehrplanmässig nicht für die Entwickelung derjenigen menschlichen Eigenschaften sorgt oder zu sorgen braucht, auf deren Vorhandensein wir bei dem werdenden Chemiker den allergrössten Wert legen müssen. Ich glaube, dass diese Thatsache bei der Organisation der meisten chemischen Lehrinstitute an Hochschulen nicht genügend berücksichtigt wird.

Ich glaube, dass heute noch wie früher, die praktischen Übungen des angehenden Chemikers fast überall mit der qualitativen Analyse beginnen. Da aber die qualitative Analyse sinnlos ist, solange alle chemischen Grundbegriffe fehlen, so pflegt man wenigstens denjenigen Studierenden, welche sich auf der Mittelschule noch nicht

mit Chemie befasst haben, zu empfehlen, das erste Semester überhaupt noch nicht praktisch zu arbeiten, sondern nur Kollegien über anorganische Chemie, Physik und andere, teils nötige, teils überflüssige Gegenstände zu hören. Auf diese Weise wird also die ausschliessliche Beanspruchung des Gedächtnisses, der Hauptübelstand der Mittelschule, ganz überflüssiger Weise ein volles Semester lang weitergesponnen, welches viel besser hätte angewandt werden können, um lang vernachlässigte Fähigkeiten, nämlich das Beobachtungsvermögen und die manuelle Geschicklichkeit des jungen Chemikers aufzufrischen und so rasch als möglich auf die erforderliche Höhe zu bringen. Das kann nur dadurch geschehen, dass man ihn sofort mit der praktischen Arbeit beginnen lässt. Die Frage ist nur, in welcher Form die geschehen soll.

An fast allen deutschen Technischen Hochschulen stellen die mechanischen Abteilungen heutzutage die Forderung, dass der neu eintretende Student mindestens ein halbes Jahr als Lehrling an einer Maschinenfabrik gearbeitet haben muss. Ich sehe nicht ein, weshalb wir als Chemiker das gesunde Prinzip, welches dieser Forderung zu Grunde liegt, nicht ebenfalls anerkennen und zur Geltung bringen sollten, natürlich in einer Form, die unseren Bedürfnissen und unserer Wissenschaft entspricht. Ich denke nicht daran, von unserer Chemischen Industrie zu verlangen, dass sie unsere zukünftigen Studenten als Lehrlinge bei sich aufnehmen soll. Ich will auch nicht die von anderer Seite gestellte Forderung, dass auch zukünftige Chemiker zunächst als Lehrlinge in einer Maschinenfabrik arbeiten sollen, zu der meinigen machen, obschon ich der Ansicht bin, dass auch einem Chemiker eine solche Lehrlingszeit nichts schaden könnte. Was ich betonen will, ist, dass auch die Chemie ihren handwerksmässigen Teil, ihr Können, hat und dass dieses Können zu einem guten Teil schon vorhanden sein sollte, ehe wir mit dem Wissen beginnen dürfen.

Was lernt der junge Maschinenbauer in seiner Lehrlingszeit? Feilen, Drehen, Bohren, Hobeln, Löten; er sieht es mit eigenen Augen, dass der Stahl das Messing schneidet, aber nicht das Messing den Stahl, dass Bronze zäh ist, Tomback aber brüchig — kurz, er wird zunächst einmal in die Welt versetzt, in der er später leben und die er verstehen lernen soll. Das sollte auch mit dem jungen Chemiker geschehen.

Wir machen den Fehler, dass wir die Jünger unserer Wissenschaft am Geiste nippen lassen, ehe wir sie mit der Materie vertraut gemacht haben. Unsere jungen Chemiker erfassen mit Leichtigkeit den theoretischen Teil unserer Wissenschaft, aber mit der praktischen Arbeit, da hapert es meist noch bei den höchsten Semestern.

Nun aber kommt die merkwürdige und doch so naturgemässe Folge dieser Bevorzugung des Wissens vor dem Können: Wer das Wissen gleichsam geschenkt erhalten hat, wem es nicht bei der praktischen Arbeit entgegenquoll, wie der goldene Hort dem emsig wühlenden Schatzgräber, für den ist es kein Schatz. Immer und immer wieder mache ich die Erfahrung, dass selbst die fleissigsten Studierenden ihr meist recht umfangreiches theoretisches Wissen zwar für die Examina, aber nicht bei ihrer praktischen Arbeit im Laboratorium zu verwerten verstehen. Das kommt daher, dass sie die chemischen Theorien nicht mit ihrem Verstand, sondern mit ihrem Gedächtnis erfasst haben. Für sie ist die theoretische Chemie eine Abstraktion. Wo es sich darum handelt, ein Stück aus dem sauber memorierten System herauszuholen, und die Nutzanwendung zu ziehen, da versagen die mühsam erworbenen Kenntnisse. Eine lebendige Wissenschaft, wie die Chemie duldet keine Abstraktion. In ihr muss auch das Theoretische erlebt sein, wenn es Früchte tragen soll. Man braucht nicht den Mechanismus chemischer Vorgänge entdeckt zu haben, um ihn zu verstehen, aber verwerten wird man chemische Erkenntnis fast immer nur dann können, wenn man sie durch Erfahrung erworben hat. Erfahrung aber erwirbt der Chemiker nur im Laboratorium.

Deshalb sollte auch die praktische Arbeit im Laboratorium das Alpha und Omega alles chemischen Unterrichtes sein und mit ihr sollte der zukünftige Chemiker beginnen. Man braucht noch keine theoretischen Kenntnisse zu besitzen, wenn man daran geht, Korke zu bohren, Röhren zu schneiden und zu biegen und Kugeln zu blasen, Apparate zu bauen und einfachste Reaktionen stöchiometrisch durchzuarbeiten. Diese und viele andere ähnliche und gleich wichtige Dinge, denen Berzelius einen ganz Band seines Lehrbuches der Chemie gewidmet, über welche Faraday eines der klassischsten Werke der gesamten chemischen Literatur verfasst hat, werden heute garnicht mehr oder nur so nebenbei gelehrt, weil sie für selbstverständlich gelten. Sie sind so selbstverständlich, dass fast neben jedem chemischen Unterrichtslaboratorium selbst Kaufläden existieren, deren Inhaber ein gutes Geschäft machen, indem sie den Studierenden die gebogenen Röhren, die gebohrten Gummistopfen, die Trichter und Pipetten, Faltenfilter und rundgeschmolzenen Glasstäbe liefern, welche die jungen Adepten sich selber fertigen sollten. So sehr ich jedem Kaufmann seinen ehrlichen Verdienst gönne, so kann ich doch nicht umhin, mitunter an das grosse Beispiel zu denken, wo es auch not that, aus dem Tempel die Krämer zu entfernen, die in ihm die Andacht störten.

Ich habe mich oft gefragt, ob nicht die von mir von je her vertretene Forderung manueller

experimentatorischer Gewandheit bei jedem Chemiker ein Stück jener Pedanterie ist, in welche fast jeder, der den Unterricht zu seiner Lebensaufgabe macht, auf diesem oder jenem Gebiete verfällt. Aber ich kann mich nicht entschliessen zu glauben, dass dies der Fall ist. Ich vermag nicht einzusehen, dass selbst bei weitgehendster Inanspruchnahme unserer so leistungsfähigen und entgegenkommenden Apparatenindustrie derjenige im stande sein soll, schwierige Experimentaluntersuchungen mit Geschick durchzuführen, der es verschmäht, die Anfangsgründe der Experimentierkunst sich zu eigen zu machen.

Von dem technischen Chemiker — und nur von diesem soll ja heute die Rede sein — muss man es vor allem verlangen, dass er ein gewandter und vielseitiger Experimentator sei. Nur wer im Laboratorium nie um ein Hilfsmittel verlegen ist, wird auch die viel schwierigeren Fragen der technischen Apparatur erfolgreich zu lösen im stande sein.

Zusammenfassend möchte ich den Wunsch aussprechen, dass unser chemischer Hochschulunterricht auf die Förderung experimenteller Geschicklichkeit bei den für die Technik bestimmten jungen Chemikern grösseren Nachdruck legen möge, als es gegenwärtig der Fall ist. Ich hoffe den Tag zu erleben, wo die Wertschätzung chemischen Könnens eben so gross sein wird, wie diejenige chemischen Wissens, weil nach meinem Dafürhalten namentlich in der chemischen Technik das Wissen nur in Verbindung mit dem Können Früchten tragen kann.

Aber damit sind meine Wünsche nicht erschöpft. Ich stimme ein altes Lied an, wenn ich auch meinerseits die Forderung betone, dass der, der sich der chemischen Technik widmen will, ein tüchtiger Analytiker sein muss. Die Klagen, dass dies nicht allgemein der Fall sei, kehren immer wieder, sie müssen somit berechtigt sein. Und doch kann man der Erlernung der Analyse kaum einen breiteren Raum gönnen, als es jetzt schon in dem gedruckten oder stillschweigend angenommenen Lehrplan der meisten chemischen Lehranstalten der Fall ist, in denen mindestens drei Semester auf analytische Übungen verwendet werden.

Diese Frage fällt in gewisser Hinsicht mit meiner ersten Forderung zusammen. Denn ich glaube, dass es den meisten jungen Chemikern nur deshalb nicht gelingt, in drei Semestern die wünschenswerte analytische Gewandtheit und Sicherheit zu erwerben, weil es ihnen beim Beginn ihrer analytischen Thätigkeit noch zu sehr an experimentellem Geschick fehlt. Da nun alle analytische Arbeit zwar grosse Anforderungen an die Geschicklichkeit desjenigen stellt, der ihr obliegt, dabei aber durch ihre Gleichförmigkeit und ihre Beschränkung auf geringe Substanzmengen eine nur bescheidene Gelegenheit zur Übung dieser Geschicklichkeit darbietet, so bleibt derjenige, der sich ihr ohne vorher erworbene Übung im Experimentieren hingiebt, lange Zeit unsicher in seiner manuellen Arbeit. Eine den analytischen Übungen vorgeschaltete Übung in der blossen Kunst des Experimentierens würde auch eine bessere Ausnutzung der auf analytische Arbeit verwandten Studienzeit verbürgen.

Meine dritte Forderung geht dahin, dass es mit Ausnahme des Unterrichtes in der chemischen Manipulation und der qualitativen Analyse keine andere, als quantitative Arbeit in chemischen Unterrichtslaboratorien geben möge. Ich denke dabei an die präparativen und namentlich an die sogenannten selbständigen organischen Arbeiten der Studierenden.

Es ist üblich geworden, beim Unterrichte im präparativen Arbeiten, ebenso wie beim analytischen Unterrichte gedruckte Leitfäden zu benutzen, von denen es viele ganz vortreffliche giebt. Sie alle entspringen dem bei jedem Lehrer sich geltend machenden Bedürfnis, den Unterrichtsstoff in ein gewisses System zu bringen und in wohlerwogenen Dosen zu verabreichen. Aber diese Leitfäden bergen auch eine grosse Gefahr in sich. Sie berauben den Studierenden der so nützlichen und notwendigen Misserfolge und des mit ihnen verbundenen Nachdenkens über die Ursachen derselben. Es geschieht nur zu leicht, dass die mit solchen Leitfäden Arbeitenden es unterlassen, sich darüber Rechenschaft zu geben, weshalb sie so vorgehen, wie sie es thun. Und eine weitere Gefahr ist die, dass der junge Chemiker vollständig mit sich zufrieden ist, wenn er qualitativ das in dem Leitfaden angegebene Resultat erzielt, ohne zu bedenken, dass in seiner späteren praktischen Laufbahn in der ungeheuren Mehrzahl der Fälle der qualitative Erfolg selbstverständlich und nur der quantitative dasjenige sein wird, worauf es ankommt.

Wenn es nun gar zu der „selbständigen Arbeit" kommt, nach der die Seele des jungen Adepten seit den ersten Semestern gelechzt hat, dann wird die Wage vollends beiseite gestellt. Die goldene Freude über die gefundenen „neuen Verbindungen" hält ihren Einzug in das Herz des jungen Forschers und der alte Professor gedenkt der Tage, wo auch er die Wonne des Entdeckens kostete.

Solche Räusche sind die Kinderkrankheiten des werdenden Chemikers, aber Aufgabe des Lehrers ist es, dafür zu sorgen, dass sie keine dauernden Folgen hinterlassen. Hier heisst es rechtzeitig wieder einlenken in die Bahnen der Präzision. Nicht nur eine strenge analytische Kontrolle der Zusammensetzung des Neuentdeckten ist hier geboten, sondern namentlich auch die Kontrolle der Ausbeuten und die Rechenschaft über den Verbleib dessen, was

an diesen Ausbeuten im Vergleiche zur Theorie mangelt. Das sind oft schwierige Aufgaben, aber nur dem, der sich ihnen mit vollem Ernst und mit unermüdlicher Ausdauer widmet, wird seine erste „selbständige Arbeit" zu einer Lehre, deren wohlthätigen Einfluss er sein ganzes späteres Leben hindurch empfindet. Sie lehrt ihn, exakt zu arbeiten. Exakte Arbeit aber ist es, welche die Deutsche Chemische Industrie auf ihre heutige Höhe gehoben hat und nur exakte Arbeit kann ihr auch für die Zukunft frommen.

Man werfe mir nicht ein, dass ich Eulen nach Athen trage und Forderungen stelle, welche längst erfüllt sind. Wir haben es zwar oft genug gehört und gesagt, dass die Wage das Zeichen ist in dem wir Chemiker siegen, aber sie ist es noch lange nicht genug. Die analytische Wage halten wir hoch, aber die Tarierwage hat in unseren Laboratorien noch lange nicht den Ehrenplatz, der ihr gebührt. Auch die Literflasche, der Masscylinder und die Bürette sollten das Handwerkszeug nicht nur dessen sein, der titrieren will, sondern auch dessen, der präparativ arbeitet.

Ich gehöre gewiss nicht zu denen, welche den Wert des ungeheueren, in unserer Literatur niedergelegten Materiales unterschätzen. Aber ich teile die vorhandenen Berichte über Experimentaluntersuchungen je nach der Bedeutung, welche sie als Grundlage weiterer chemischer Arbeit besitzen, in mehrere Kategorien. Da sind zunächst die Arbeiten, welche über die Ausbeuten gar nichts angeben. Sie gewinnen ihren Wert für den, der sich ihrer bedienen will, meist erst dadurch, dass er sie aufs neue nacharbeitet. Dann sind da die Arbeiten, welche die Ausbeuten klipp und klar in Prozenten der Theorie oder des Ausgangsmateriales mitteilen. Sie sind in den meisten Fällen ohne weiteres verwendbar. Und endlich sind da die Arbeiten, bei denen die Ausbeuten als „nahezu theoretisch" angegeben werden. Bei diesen findet man, wenn man durch Wiederholung der Arbeit die etwas ungewisse Angabe ins Zahlenmässige zu übersetzen sucht, dass sehr oft die gefundene Zahl in Prozenten der Theorie den Fünfzig näher ist, als den Hundert. Der Unterschied zwischen dem „nahezu Theoretischen" und der Zahl in Prozenten ist der, dass das Erste geschätzt, die Zahl aber mit der Wage gefunden ist. Lassen Sie es mich, als den letzten meiner Wünsche für die Ausgestaltung der Laboratoriumsausbildung unserer jungen Techniker aussprechen, dass ich hoffe, das „nahezu Theoretische" aus ihrer Arbeit verschwinden und durch zahlenmässige Belege ersetzt zu sehen.

Eine weitere bedeutsame Frage bezüglich der Ausbildung unserer jungen Chemiker für die Technik ist die Frage nach dem Umfange und der Methode des Unterrichtes in der Chemischen Technologie. Es ist eine erfreuliche Folge des Wettstreites, der vor einigen Jahren zwischen den Universitäten und den Technischen Hochschulen entbrannte, dass die Wichtigkeit und die Notwendigkeit dieses Lehrgegenstandes allgemein anerkannt worden ist. Die Universitäten, welche gewiss mit Recht beanspruchen, nach wie vor der Technik wohlgeschulte Kräfte liefern zu können, haben vielfach für eine Erweiterung und Vertiefung ihres früher als Nebenfach behandelten chemisch-technologischen Unterrichtes Sorge getragen und die Technischen Hochschulen betonen aufs neue den Grundsatz, dem sie ihre Entstehung verdanken, dass nämlich erst die Anwendung der Wissenschaft das ganze Volk an dem Segen der Forschung teilnehmen lässt und somit dieser die Krone aufsetzt.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass gediegene und umfassende Vorträge über das Gesamtgebiet der technischen Chemie einen Hauptlehrgegenstand für den heranreifenden technischen Chemiker bilden müssen, schon deswegen, weil sie für die meisten Chemiker die einzige Gelegenheit darstellen, sich über die Gesamtheit der Anwendungen, deren die Chemie fähig ist, ein Bild zu verschaffen. Mit dem Tage, an dem der junge Techniker seine erste Stellung in der Industrie antritt, beginnt seine Spezialisierung für ein bestimmtes Gebiet industrieller chemischer Arbeit. Der weite Horizont der goldenen Studienzeit wird eingeengt, es kommen die Tage des Ringens, aber auch die Tage der Ernte.

Weil somit die Spezialisierung ganz von selber kommt und kommen muss, würde es ein Fehler sein, sie schon auf der Hochschule eintreten zu lassen. Es wäre sinnlos, unseren Söhnen zuerst die breite Basis einer umfassenden und gediegenen theoretischen Bildung zu geben, um sie dann schliesslich als Gerber, Färber oder Steinzeugfabrikanten in die Welt hinaus zu schicken. Aus diesem Grunde muss der chemisch-technologische Unterricht unserer Hochschulen zwar breit und tief, aber enzyklopädisch angelegt sein. Vor allem aber muss er die Brücke bilden, welche von der reinen Wissenschaft zu ihren Anwendungen hinüberführt. Er darf sich nicht mit der Aufzählung von Thatsachen begnügen, sondern muss, wo immer möglich. die Gründe entwickeln, welche die Technik veranlassen, so zu arbeiten, wie sie es thut und nicht anders. Dass in einen solchen Unterricht wirtschaftliche, nationalökonomische und konstruktive Fragen mit hineinspielen, ist selbstverständlich. Ich denke mir, dass in einem Vortrage über die Chemische Technologie, wie er mir als Ideal vorschwebt, dem jungen Chemiker eine neue Welt aufgehen sollte, eine Welt besonnener und

zielbewusster Arbeit, in welche mit vollen Segeln hineinzusteuern er kaum erwarten kann. Und wenn es auch keinem von uns Technologen gelingen wird, dieses Ideal zu verwirklichen, so können wir doch danach streben. Die chemische Technik ist so reich an glänzend gelösten und an noch zu lösenden Problemen! Sie aufzugreifen und lebendig werden zu lassen vor den Augen seiner Zuhörer, das ist auch eine Aufgabe, die wert ist des Schweisses eines Kathedertechnologen!

Nun bleibt noch als letzter Punkt meiner kleinen Untersuchung die Frage, was für Kenntnisse ausser einer gediegenen chemischen Vorbildung wir unseren jungen Technikern sonst noch mit auf den Weg geben sollen. Dass hier die Physik in erster Linie zu nennen ist, ist selbstverständlich. Das alte Wort Bunsens, dass ein Chemiker nichts ist, wenn er nicht ein Physiker ist, ist neuerdings wieder citiert worden und mit Recht. Ist doch, streng genommen, unsere ganze Arbeit physikalisch, erst die Schlüsse, die wir aus ihr ziehen, machen sie zur chemischen Arbeit.

Aber auch die beschreibenden Naturwissenschaften, Mineralogie, Zoologie und Botanik sollten dem technischen Chemiker keine Terra incognita sein. Für die Mineralogie wird dies allseitig anerkannt, die Kenntnis der Grundzüge der beiden anderen Wissenschaften sähe ich gern unter den Chemikern mehr verbreitet, als dies im allgemeinen der Fall ist.

Von vielen Seiten wird für den angehenden technischen Chemiker das Studium der Mechanik gefordert. Wenn darunter die wissenschaftliche Mechanik verstanden wird oder die Kunst, Maschinen für bestimmte Zwecke zu konstruieren, so kann ich mich der Forderung nicht anschliessen. Der studierende Chemiker hat keine Zeit, sich in diese Disziplinen so zu vertiefen, dass er aus den gewonnenen Kenntnissen später Nutzen ziehen könnte. Diejenigen Grundzüge der theoretischen Mechanik, welche in ein Kolleg über allgemeine Physik aufgenommen werden, sind nach meinem Dafürhalten für den technischen Chemiker ausreichend. Dagegen glaube ich, dass es ihm sehr notwendig ist, sich mit den Elementen der beschreibenden Maschinenlehre vertraut zu machen. Er sollte eine gewisse Kenntnis des Baues und der verschiedenen Ausführungsformen der wichtigsten Kraft- und Arbeitsmaschinen als Ausrüstung für seine technische Laufbahn mitbringen und, wenn möglich, auch eine gewisse Fertigkeit im technischen Skizzieren. Dasselbe gilt von den Elementen der Baukonstruktionslehre. Die auf beiden Gebieten erworbenen Kenntnisse werden ihm später oft von Nutzen sein. Sie sollen ihn nicht befähigen, als Konstrukteur dem eigentlichen Ingenieur ins Handwerk zu pfuschen, aber sie sollen ihm das nötige Verständnis dessen erschliessen, was er als unentbehrliches Hilfsmittel seiner technischen Arbeit fortwährend benutzen wird.

Was der Chemiker ausser den genannten Kenntnissen sonst noch mitnehmen mag in den Kampf ums Dasein, dem er entgegengeht, ist vielfach vielleicht nicht minder wichtig, als das Aufgezählte. Aber es gehört in das Gebiet der allgemeinen Bildung. Diese nach seinen Bedürfnissen und nach seinem Fassungsvermögen zu bemessen, ist Sache des Einzelnen. Es giebt Menschen, welche nur mit leichtem Gepäck reisen können und andere, denen schwere Koffer unentbehrlich sind. Sehe jeder, wie er's treibe.

Eine gediegene Schulung der jungen, unserer Technik zuwachsenden Kräfte gehört zu den Bedingungen, welche wir erfüllen müssen, wenn die Industrie fortfahren soll, zu blühen und reiche Früchte zu tragen. Mit Recht preisen wir den grossen Liebig, den Begründer eines planmässigen chemischen Unterrichtes, auch als einen der intellektuellen Urheber unserer heutigen industriellen Erfolge. Welchen Umfang aber hat seit den Tagen Liebigs unsere Wissenschaft angenommen! Was damals, von dem Zauberstabe eines Genies emporgehoben, als munterer Quell in Deutschland zu Tage trat, die Forschung, ist heute, mit tausenden von anderen Quellen aus allen Ländern der Erde vereint, zum gewaltigen Strome geworden. Wir aber, die wir auf seinen Fluten einem fernen, unbekannten Ziele zusteuern, sind nur die Epigonen der grossen Begründer unserer Wissenschaft und unserer Industrie. Wir besitzen keine Gewalt mehr über die elementare Kraft, die diesen Schöpfungen des menschlichen Geistes innewohnt. Wir können dem Strome weder Halt gebieten, noch können wir ihn eindämmen, wenn er sich sein Bett breiter und immer breiter gräbt. Aber wir haben den Kompass eines redlichen Strebens an Bord und wir können Richtung halten, dass wir nicht in Untiefen festfahren oder in stagnierenden Buchten liegen bleiben.

Noch segelt das Schiff der Deutschen Chemie an der Spitze der wettfahrenden Flotte. Gut Wind für die Zukunft und glückhafte Fahrt!

(Eingegangen 1. Juli 1901.

BESPRECHUNGEN.

H. A. Lorentz, Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung und der Anfangsgründe der analytischen Geometrie. Unter Mitwirkung des Verfassers übersetzt von G. C. Schmidt. gr. 8. VI u. 476 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1900. Preis M. 10.—.

In dem Masse, als die Anforderungen an Kraft und Zeit gewachsen sind, welche die Besitznahme des eigenen Gebietes dem Physiker oder physikbedürftigen Naturforscher stellt, hat sich das Bedürfnis nach einer möglichst haushälterischen Aneignung seines wichtigsten Hilfsmittels, der Mathematik, geltend gemacht; wie zu erwarten nicht ohne einen gewissen, noch heute nicht überwundenen passiven Widerstand der abstrakten Mathematik. Dass man sich das mathematische Handwerkszeug, wie es zur exakten Handhabung der physikalischen Forschungsmethode und zur erfolgreichen Ausübung physikalischer Lehrberufe erforderlich ist, anders als in mindestens zweijähriger vollständiger Vertiefung in mathematische Abstraktionen aneignen könne, wollte den Vertretern der reinen Mathematik nicht in den Sinn. Die Physiker hingegen betonten immer wieder, dass sie zu einem vollen und fruchtbringenden Verständnis der mathematischen Begriffe und Methoden erst gelangt seien, als sie dieselben an der Hand der physikalischen Anschauung gleichsam selber plastisch nachgebildet, als sie dieselben praktisch „erlebt“ hätten. Und dass es deshalb möglich und notwendig sei, ohne den Umweg über die Abstraktion zugleich mit den physikalischen die mathematischen Begriffe in Fleisch und Blut überzuführen.

Jedenfalls haben die reinen Mathematiker es so erleben müssen, dass ihnen, von solchen Erwägungen ausgehend, Physiker an den Universitäten die Sorge für den ersten mathematischen Unterricht der Naturwissenschaftler aus der Hand nahmen; und dass zwei Lehrbücher der Differential- und Integralrechnung für die Bedürfnisse der Naturforscher von Physikern geschrieben wurden.

In England scheint diese „praktische“ Auffassung mathematischen Hochschulunterrichtes, man könnte von „mathematischem Anschauungsunterricht“ sprechen, am ersten und schon lange durchgedrungen zu sein, vielleicht als Folge der durch Faradays Wirken und Forschen mehr als sonstwo angeregten Gewohnheit, die Dinge anschaulich zu erfassen. Bei uns ist der erste durchdringende Ausdruck derselben das 1895 herausgegebene Lehrbuch von Nernst und Schönfliess gewesen, jetzt längst in mehreren Auflagen erschienen und seit seinem Erscheinen von segensreichem Erfolge begleitet.

Schon 1882 hatten sich die erwähnten Gesichtspunkte in Holland zu dem analogen Lehrbuche von H. A. Lorentz verdichtet.

Für die Bedeutung der zu diesen Büchern führenden Idee ist bemerkenswert und entscheidend, dass sie von Seiten zweier Forscher zuerst zur That gemacht wurden, deren theoretisch-mathematische Klarheit und Fruchtbarkeit über allen Zweifel erhaben stehen. Dass auch der Erfolg ihnen recht giebt und wohl eher eine Zunahme, oder sicher doch eine Verbreiterung des mathematischen Verständnisses, als eine Abnahme zu konstatieren ist, unterliegt keinem Zweifel. Die mathematische „Wasserscheu“ hat entschieden nachgelassen, namentlich bei den Chemikern, obschon noch viel zu thun übrig bleibt.

Zweifellos ist es eine verdienstliche That, dass Prof. G. C. Schmidt das Buch von Lorentz ins Deutsche bearbeitet hat. Denn wenn zwei dasselbe thun, so ist es nicht dasselbe; und da das „ex ungue leonem“ für beide Werke gilt, so kann die Einführung beider, sich vielfach glücklich ergänzenden Bücher bei uns nur verständnisfördernd wirken.

Der Inhalt der beiden einleitenden Kapitel des Lorentz-Schmidtschen Buches: I. Algebraische Funktionen, Exponentialgrössen und Logarithmen, II. Theorie und Anwendung der goniometrischen Funktionen sind im Buche von Nernst-Schönfliess nicht selbständig berücksichtigt; mancher wird aber auf die knappe und einheitliche Rekapitulation dieser Elemente Wert legen. Ausser diesem Überschuss an behandeltem Stoffe nach unten, stellen die von Lorentz gebrachten besonderen Kapitel über VIII Partielle Differentialquotienten, XIII Fouriersche Reihe und XIV Differentialgleichungen in gewisser Weise einen Überschuss nach oben dar. Sehr wertvoll sind die jedem Kapitel angehängten, zweckmässig ausgewählten Übungsaufgaben, deren Lösungen am Schlusse zusammengestellt sind.

Weit überlegen ist das Nernst-Schönfliesssche Buch in der äusseren Ausstattung. Für das Auge stellt jedes Kapitel des Lorentz-Schmidtschen Buches einen durch keine Überschriften oder fettgedruckten Stichworte, ja nicht einmal grössere Absätze gegliederten, unübersichtlich fortlaufenden Text dar. Wie viel leichter findet man sich in dem Nernstschen Buche zurecht, ganz abgesehen, dass die „Dosierung“ des Stoffes in den abgeschlossenen Paragraphen dort das Durcharbeiten für den Anfänger so viel leichter und erfolgreicher macht. Das ist vielleicht nur ein Schönheitsfehler, dessen Abstellung in einer zweiten Auflage die Verfasser aber nicht versäumen sollten.

H. Th. Simon.

(Eingegangen 27. Juli 1901.)

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 46. 17. August 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Das Leuchten eines verdünnten Gases rings um einen Draht, welcher an einen Induktorpol angeschlossen ist.

Von J. Borgmann, St. Petersburg.

Drähte ohne Isolierhülle erscheinen bekanntlich von einer leuchtenden Aureole umgeben, wenn sie mit der sekundären Spirale eines Induktors verbunden sind, und der Stromkreis der letzteren entweder offen oder durch eine Crookessche Röhre geschlossen ist. Ausser der leuchtenden Aureole erscheinen auf den Drähten recht helle Sternchen, die von einander nahezu gleich weit entfernt sind. Um das erwähnte Leuchten eingehender zu untersuchen, stellte ich Versuche mit Drähten an, die Röhren mit Gasen von verschiedener Spannung in der Richtung der Längsachse durchzogen. Grosse Hilfe bei dieser Arbeit haben mir anfangs Herr Petrowski, sodann Herr Afanasjew erwiesen. Die Hauptresultate meiner Beobachtungen habe ich bereits der französischen Akademie mitgeteilt und sind dieselben in den Comptes rendues (**130**, S. 1179 etc.) publiziert worden. In der vorliegenden Abhandlung gestatte ich mir obige Resultate in Kürze darzulegen und gleichzeitig einige numerische Daten anzuführen, welche die beobachteten Erscheinungen illustrieren.

Ich machte meine Beobachtungen an Röhren von verschiedener Länge und verschiedenem Durchmesser (von 50—120 cm Länge und von 3—6 cm Durchmesser). Die Drähte, welche in der Richtung der Längsachse in die Röhren eingeschmolzen waren, bestanden aus Platin und hatten einen Durchmesser von etwa 0,1 mm. Die aus den Röhren hervorragenden Drahtenden waren von mit Quecksilber gefüllten Röhrchen umgeben. Jede Röhre wurde an Kautschukschläuchen in horizontaler Lage in Manneshöhe über dem Erdboden aufgehängt, getragen von besonderen Holzstativen. Das eine Drahtende blieb isoliert, das andere wurde mittelst eines sehr dünnen und langen an Seidenfäden aufgehängten Drahtes mit einem Pole eines Induktors verbunden. Ich benutzte ausserdem noch eine Röhre (von 100 cm Länge und 4 cm Durchmesser), in welcher statt eines Drahtes der Länge nach eine dünne Glasröhre eingeschmolzen war, die man mit Quecksilber oder einer verdünnten Säure füllen konnte. In allen Röhren hatten die beobachteten Erscheinungen den gleichen Charakter. Der eine Induktorpol blieb bei den Versuchen entweder isoliert oder wurde geerdet, der andere dagegen wurde mittelst eines dünnen Drahtes, wie bereits gesagt, mit der zu untersuchenden Röhre oder, was der häufigere Fall war, mit einer Platte eines Kohlrauschschen Kondensators verbunden, dessen andere Platte durch einen dünnen Draht mit der Röhre in Verbindung stand. Ausserdem konnte dem Induktor ein Funkenmikrometer mit Platinkugeln (von 5 mm Durchmesser) auf Quarzfüssen parallel geschaltet werden. Der von mir benutzte Induktor stammte von Carpentier und gab 3 cm lange Funken.

Die Erscheinungen, welche man in den Röhren bei verschiedenem Gasdrucke beobachtete, unterschieden sich sehr wesentlich von einander in zwei Fällen, 1. wenn das Funkenmikrometer nicht eingeschaltet war und 2. wenn die Funkenstrecke desselben weniger als 3 mm betrug. Betrug die Funkenstrecke mehr als 3 mm, so hatten die Erscheinungen denselben Charakter, wie bei fehlendem Funkenmikrometer.

1. Fall. Dem Induktor ist keine Funkenstrecke parallel geschaltet.

Sobald der Induktor in Thätigkeit gesetzt wird, erscheint in unverdünnter Luft am Drahte eine dünne, leuchtende Aureole, und ausserdem heben sich vom Drahte deutliche Sternchen ab, deren Verteilung eine nahezu gleichförmige ist. Wird die Luft verdünnt, so nimmt die Helligkeit der Aureole ab, die Sternchen aber werden immer deutlicher. Bei einem gewissen Grade der Luftverdünnung erscheint um jedes der

Sternchen herum eine schwach leuchtende, dünne Schicht senkrecht zum Draht, einen Teil des Röhrenquerschnitts erfüllend. Bei Erhöhung des Vakuums nehmen die Dimensionen der Schichten und die Zahl sowohl dieser als der in ihrem Centrum befindlichen Sternchen zu. Endlich fallen sie mit einander beinahe zusammen, das ganze Innere der Röhre erfüllend, doch macht sich der geschichtete Charakter des Leuchtens immer noch bemerkbar; bei weiter fortgesetzter Evakuierung verschwindet schliesslich die Lichterscheinung. Alle erwähnten Erscheinungen werden in gleicher Weise wahrgenommen, einerlei, welcher Induktorpol mit dem Drahte der Röhre verbunden ist.

2. Fall. Parallel dem Induktor befindet sich eine Funkenstrecke (die unter 3 mm bleibt).

In diesem Falle bemerkt man schon bei sehr geringer Luftverdünnung einen sehr grossen Unterschied in den Lichterscheinungen rings um den Draht, je nachdem letzterer mit dem positiven oder negativen Induktorpol in Verbindung steht. Mit Zunahme der Luftverdünnung nimmt auch dieser Unterschied in immer erhöhtem Masse zu.

a. Der Draht ist mit dem negativen Induktorpol verbunden.

Bei geringer Luftverdünnung erscheint der Draht von einer zusammenhängenden Aureole umgeben. Bei Zunahme der Luftverdünnung verbreitet sich diese Aureole immer mehr und mehr, nimmt eine purpurne Färbung an und entfernt sich vom Drahte, so dass zwischen ihr und dem Drahte eine relativ dunkle cylindrische Schicht auftritt. Bei weiterer Evakuierung wird die ganze Röhre von der sich ausbreitenden Aureole erfüllt. Sobald indes der Luftdruck bis auf Zehntelmillimeter gesunken ist, tritt eine vollkommen neue Erscheinung auf. In diesem Falle erscheinen auf der inneren Röhrenwandung sehr deutliche dunkelgrüne Ringe, durch Glasphosphoreszenz hervorgerufen; ihre Breite schwankt zwischen 2 und 4 Centimetern, sie sind gleichmässig über die ganze Länge der Röhre hin verteilt und verharren nicht in Ruhe, sondern laufen scheinbar hinter einander an der Röhre hin und rotieren um die Röhrenachse. Im Centrum jedes dieser Ringe erscheint ein heller Fleck von ovaler Form. Die ganze Erscheinung hat das Aussehen sich bewegender und scheinbar sich drehender Räder mit glänzenden Naben, wobei die Entfernung dieser Räder überall die gleiche bleibt. Nähert der isolierte oder auch nicht isolierte Beobachter seinen Finger irgend einer Stelle der Röhre oder nähert man einen mit einer Leydener Flasche verbundenen Draht, so erscheint an der entsprechenden Stelle der Röhre ein phosphoreszierender Ring, während die links und rechts davon vorhandenen Ringe abgestossen werden. Bei einem für jede Röhre bestimmten Verdünnungsgrade erhält sich ein solcher Ring sekundenlang und bisweilen 10, 20 und mehr Sekunden, nachdem der genäherte Finger entfernt worden. Nähert man der Röhre zwei Finger, so ruft jeder von ihnen einen Ring hervor und bleibt der Zwischenraum zwischen ihnen im Innern der Röhre dunkel. Rückt man aber nun die Finger auseinander, so erscheint bei einem für jede Röhre bestimmten Verdünnungsgrade in der Mitte zwischen den hervorgerufenen Ringen ein neuer, dritter Ring. Für jede der Röhren nimmt der hierzu erforderliche Abstand der Finger mit dem Grade der Evakuierung zu (beispielsweise von 20—40 cm. Alle die gelbgrünen Ringe werden im allgemeinen von einem genäherten Leiter abgestossen. Die Breite der Ringe nimmt bei weiterer Evakuierung zu, die Anzahl derselben nimmt dagegen ab. Ist der Gasdruck bis auf Hundertstelmillimeter herabgegangen, so verschwinden die Ringe, dafür aber beginnt die ganze Oberfläche der Röhre in gelbgrünem Lichte zu phosphorescieren. Bei sehr hoher Evakuierung tritt nur an den Enden der Röhre Phosphoreszenz auf. In diesem Falle ruft das Anlegen des Fingers keinen Ring hervor. Ein Magnet wirkt auf die Lage der Ringe ein und diese Wirkung entspricht vollkommen derjenigen, welche Kathodenstrahlen erfahren, die vom Drahte in der Richtung senkrecht zur Länge ausstrahlen.

b. Der Draht ist mit dem positiven Induktorpol verbunden.

Bei der geringsten Luftverdünnung erscheint ausser den am Drahte auftretenden Sternchen ein helles, violettes Leuchten rings um den Draht. Diese letzteren Lichterscheinungen haben die Form dünner, schmaler Sektoren, welche senkrecht zum Drahte in fast genau gleichen Abständen von einander sich befinden. Bei Zunahme der Luftverdünnung nehmen auch die Dimensionen dieser Sektoren zu und schliesslich verwandeln sie sich in völlig regelmässige Kreisscheiben. Die Durchmesser dieser Scheiben nehmen zu sowohl mit Vergrösserung der Funkenstrecke im Mikrometer, als auch mit Verminderung des Abstandes der Kondensatorplatten. Es lässt sich leicht dahin bringen, dass die erwähnten Scheiben den ganzen Röhrenquerschnitt erfüllen. Bei regelmässigem Arbeiten des Unterbrechers bleiben die Scheiben in vollkommener Ruhe. Die Anzahl der auf die Längeneinheit des Drahtes kommenden Scheiben nimmt mit Zunahme des Verdünnungsgrades der Luft ab. Endlich, bei einem für jede Röhre völlig bestimmten Spannungsgrade (von einigen Millimetern) tritt plötzlich eine rapide Abnahme der Schichtenzahl auf (z. B.

von 10 auf 3 pro Dezimeter). Hierbei lässt sich eine Zeit lang gewissermassen ein Kampf ums Dasein der einzelnen Schichten beobachten. Einige der Schichten zeigen eine starke Entwicklung, werden dicker und heller, andere zwischen diesen befindliche fangen an unruhig zu werden, sie rücken am Drahte hin und her, werden bald schwächer, bald heller und verschwinden schliesslich ganz. An Stelle der verschwundenen Scheiben tritt zwischen zwei der benachbarten in ihrer Form veränderten, in völliger Ruhe verharrenden Scheiben ein schwaches nebelartiges Leuchten rings um den Draht auf. Letztere Erscheinung hat die Form eines in die Länge gezogenen Rotationsellipsoids, dessen Achse mit dem Drahte zusammenfällt. Diese Erscheinung der hellen violetten Scheiben ist überaus beständig und nimmt sich sehr schön aus. Falls nur der Unterbrecher regelmässig arbeitet, bleibt die Erscheinung im Innern der Röhre absolut unverändert und die Verteilung der leuchtenden Scheiben eine ganz gleichmässige.

In Röhren von geringerem Durchmesser treten diese Scheiben bereits bei geringerem Verdünnungsgrade auf. Bei Zunahme der Verdünnung nimmt die Dicke der Schichten zu und die ellipsoidische Lichterscheinung zwischen ihnen wird schwächer. Allmählich, bei immer weitergehender Verdünnung der Luft, verändern die Scheiben ihre Form und verwandeln sich in bikonkave Linsen, wobei ihre Helligkeit abnimmt. Die Dicke der Scheiben nimmt mit Zunahme der Verdünnung ebenfalls zu. Ist die Gasspannung auf Zehntelmillimeter herabgegangen, so greifen die Linsenränder in einander über und die Farbe der Lichtlinsen nimmt einen weisslichen Ton an. Im lezteren Falle erscheint die Röhre wie von einem leuchtenden Nebel erfüllt, aus welchem sich regelmässig am Drahte verteilte dunklere Stellen abheben, deren Form eine ellipsoidische ist.

Bei ein und derselben Gasspannung ist der Abstand der benachbarten Lichtlinsen von einander in Röhren von geringerem Durchmesser kleiner, als in Röhren von grösserem Durchmesser. Für ein und dieselbe Röhre wird bei gegebener Gasspannung der Abstand der Lichtlinsen geringer, wenn sich die Funkenstrecke vergrössert.

Als Beispiel seien einige Daten angeführt, die für Röhren von einem Meter Länge und 6 resp. 3 cm Durchmesser gelten:

Funkenstrecke	Abstand der Lichtlinsen (Röhrendurchmesser 6 cm)	(Röhrendurchmesser 3 cm)
1/3 mm	6,6 cm	5 cm
2/3 „	5,7 „	3,57 „
4/3 „	5 „	3,3 „

Die Zahl der Unterbrechungen des Induktors übt auf den Linsenabstand keinen Einfluss aus. Die Beobachtungen wurden mit Hilfe eines Quecksilberunterbrechers von M. Kohl angestellt. Die Zahl der Unterbrechungen wurde hierbei in den weitesten Grenzen geändert, eine Änderung im Abstande der Lichtlinsen liess sich indes nicht beobachten.

Einen geringen Einfluss auf die Verteilung der Lichtlinsen übte die Zeit aus, während welcher der Strom geschlossen blieb. Wurde der Stift im M. Kohlschen Unterbrecher weniger tief ins Quecksilber gebracht, so wurde die Zahl der auf einen Dezimeter kommenden Lichtlinsen etwas kleiner. Schaltet man dem Funkenmikrometer einen Kondensator parallel oder auch, bringt man am Drahte eine Kapazität an, so nimmt der Abstand der Scheiben oder Linsen zu.

Ein Magnet übt auf die Scheiben und Linsen keinen Einfluss aus.

Bei sehr hohem Verdünnungsgrade verschwinden die dunklen Räume innerhalb der Röhre und letztere ist ganz von einem gleichmässigen, schwachleuchtenden Nebel erfüllt.

Bei sehr hohem Verdünnungsgrade und sehr kurzer Funkenstrecke bleibt das Röhreninnere dunkel, auf dem Drahte jedoch treten schwach leuchtende Ovoïde auf, deren Verteilung eine regelmässige ist und die im allgemeinen nicht in Ruhe bleiben. Die ganze Erscheinung erinnert an die stehenden Wellen, die sich am Faden eines Meldeschen Apparats bilden.

Ist der Verdünnungsgrad ein hoher und man bringt an die Röhre einen Hufeisenmagneten heran, so ruft derselbe an der entgegengesetzten Röhrenwandung zwei Phosphoreszenzstreifen hervor, welche die Form ausgebreiteter Vogelschwingen haben; bringt man den Finger an die Röhre, so entsteht ebenfalls ein Phosphoreszenzfleck.

Sehr hübsche und bei hohem Vakuum (etwa 0,01 mm) für die Eigenschaften der Kathodenstrahlen sehr lehrreiche Erscheinungen erhält man, wenn auf der äusseren Röhrenwandung, parallel dem eingeschmolzenen Drahte ein zur Erde abgeleiteter Stanniolstreifen aufgeklebt ist. Noch interessantere Erscheinungen treten auf, wenn in der Röhre sich zwei der Längsachse parallele Drähte befinden und auf die Aussenwandung, mitten zwischen den Drähten ein zur Erde abgeleiteter, schmaler Stanniolstreifen geklebt ist. Verbindet man beide Drähte einer solchen Röhre mit einem der Induktorpole, so lassen sich alle wichtigeren Eigenschaften der Kathodenstrahlen demonstrieren, wie z. B. die Absorption derselben durch Metalle, die Erwärmung von Metallen durch dieselben (der Draht verlängert und senkt sich in merklicher Weise), der Einfluss einer

sekundären Kathode auf die Kathodenstrahlen, die Bedeutung einer Antikathode, die Einwirkung eines Magneten u. s. w.

Werden die Kondensatorplatten einander bis zur gegenseitigen Berührung genähert, so füllt sich das ganze Innere der Röhre mit einem gleichförmigen, leuchtenden Nebel, einerlei mit welchem Induktorpol die Drähte in Verbindung gesetzt werden, mit dem positiven oder negativen. In diesem Falle kann man, wenn der Induktor ausser Thätigkeit gesetzt ist, in der Röhre ein bis zu 10 Minuten anhaltendes, immer von neuem aufflammendes Nachleuchten beobachten. Die Erscheinung erinnert an diejenige eines Nordlichts.

Eine sehr interessante Erscheinung tritt in einer solchen hochevakuierten Röhre auf, wenn jeder Draht derselben mit einer von zwei Elektroden verbunden ist, die sich am Ende einer in einem Paraffinblock eingelassenen, mit Wasser gefüllten Rinne befinden. Die dritte Elektrode befindet sich hierbei in der Mitte der Rinne und ist mit dem anderen Induktorpol verbunden. In diesem Falle erscheinen, wenn keine Funkenstrecke dem Induktor parallel geschaltet ist, in dem schwachleuchtenden Nebel, welcher das ganze Innere der Röhre erfüllt, mehrere gleichmässig verteilte helle Wölkchen von scharfer Umgrenzung genau in der Mitte zwischen beiden Drähten. Diese Wölkchen sind um vieles heller als das allgemeine Gasleuchten in der Röhre und vollkommen ruhig, wenn nur der Unterbrecher gleichmässig arbeitet (er muss einen recht hohen Ton geben). Obige Wölkchen sind magnetisch sehr empfindlich.

(Aus dem Russischen übersetzt von H. Pflaum.)

(Eingegangen 20. Juli 1901).

Aspirationsapparat zur Bestimmung des Ionengehaltes der Atmosphäre.

Von H. Ebert.

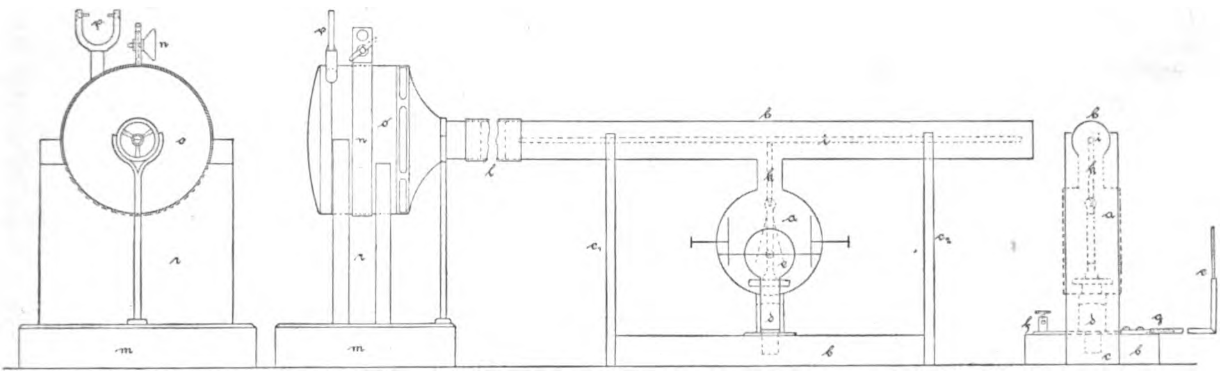
Durch die Untersuchungen von J. Elster und H. Geitel ist gezeigt worden, dass sich die gewöhnliche, freie atmosphärische Luft immer, besonders stark aber bei klarem, sonnigen Wetter wie ein schwach röntgenisiertes Gas verhält, d. h. dass frei bewegliche, positive und negative Ionen in ihr enthalten sind. Der von ihnen konstruierte „Zerstreuungsapparat" [1]) gestattet ein relatives Mass dieses Ionengehaltes aus der Geschwindigkeit abzuleiten, mit der die Ladung eines isoliert in der Luft aufgestellten Metallkörpers von den durch die elektrostatischen Kräfte herangezogenen Ionen neutralisiert wird. Ich stellte mir die Aufgabe womöglich den absoluten Betrag der in einem Kubikmeter Luft in Form von Ionenladungen enthaltenen positiven und negativen Elektrizitätsmengen in elektrostatischen Einheiten zu bestimmen. Dazu wurde ein gemessenes Quantum der zu untersuchenden Luft mittels eines Aspirators durch den Zwischenraum zwischen einem äusseren, geerdeten Schutzcylinder und einem conaxial in diesem liegenden, inneren, isolierten, mit dem Elektroskop verbundenen und geladenen Spannungscylinder hindurchgesaugt. Unter der Wirkung des starken zwischen den beiden Cylinderflächen bestehenden Spannungsgefälles werden die Ionen beider Arten gegen die Wände getrieben und geben hier ihre Ladungen ab, der Spannungscylinder wird allmählich entladen. Da man die Kapazität des als Cylinderkondensator wirkenden Systems berechnen kann, findet man aus der Spannungsabnahme in Volt die neutralisierte Elektrizitätsmenge, die aus der bekannten durchgesogenen Luftmenge leicht auf den cbm umgerechnet werden kann. Die Anordnung ist hiernach derjenigen ähnlich, welche zuerst von J. J. Thomson und E. Rutherford zur Untersuchung der durch Röntgenstrahlen ionisierten Luft verwendet worden ist. [1]) Nur war hier der Isolation besondere Aufmerksamkeit zu widmen, sollten nicht die Verluste durch Stützenleitung von derselben Grössenordnung wie die durch die Luftionen neutralisierten Elektrizitätsmengen werden. Als hinreichend zuverlässig wurde nach vielen Versuchen nur die von Elster und Geitel bei ihrem Elektroskope verwendete Isolation durch einen von einem Metalldach gegen niederfallenden Staub geschützten, im Innern eines durch metallisches Natrium dauernd getrockneten Gehäuses befindlichen Bernsteinstopfen befunden; es war daher am einfachsten den Spannungscylinder direkt auf ein Elster-Geitelsches Elektroskop aufzusetzen.

Die Anordnung im Einzelnen erläutert die Figur durch einen Längsschnitt in der Mitte und je einen Querschnitt der beiderseitigen Endteile zu beiden Seiten.

Der bei Beobachtungen am Boden durch das Gestelle *mr*, bei solchen im Luftballon durch den am Gondeltauwerk befestigten Ring *n* getragene Aspirator *o*, welcher durch den Schlüssel *p* aufgezogen wird, und dessen sehr kräftige Feder wie bei den Assmannschen Aspirationspsychrometern ein Schaufelrad in rasche Umdrehungen versetzt, saugt durch den 40 cm langen, 3 cm weiten Gummischlauch die Luft durch die 42,1 cm lange, 2,92 cm im Lichten

1) Vergl. diese Zeitschr. 1, 11, 1899.

1) J. J. Thomson und E. Rutherford, Phil. Mag. (5). **42**, 392, 1896.



weite, innen und aussen geschwärzte Messingröhre *h*. Diese ist durch einen nach unten gehenden Rohransatz direkt auf den Hals des Elektroskopgehäuses *a* aufgesetzt, und wird durch die mit dem Grundbrett *b* fest verbundenen Stützen c_1 c_2 in ihrer Lage festgehalten. Ehe man die Röhre *h* aufsteckt, wird der innere nur 39.9 cm lange und 0,50 cm dicke ebenfalls geschwärzte Messingcylinder *i* mit abgerundeten Enden eingelegt. In ihm wird der unten zugespitzte Träger *k* eingeschraubt, und nun das Ganze auf das Elektroskop gesetzt, wobei man den Träger *k* in die am Blättchenhalter oben eingetiefte kleine Einsenkung setzt, und durch Eingreifen in die Röhre *h* von beiden Seiten her den Innencylinder genau axial innerhalb des äusseren aufstellt. Die Cylinderflächen haben dann überall einen Abstand von 1,21 cm von einander; der ringförmige Raum zwischen ihnen hat 6,5 cm^2 Querschnitt; bei einer Ladung des inneren Cylinders auf 200 Volt und Erdung des Gehäuses mit dem Schutzcylinder (von der Klemmschraube *f* aus) hat man ein Gefälle von 165 Volt/1 cm. Die Kapazität des Cylindersystems berechnet sich, wenn man den Einfluss des durch den weiten Hals gehenden Trägers und den der inneren Elektroskopteile vernachlässigt zu 11,4 elektrostatischen Einheiten.

Um den auf Volt geaichten Blättchenstand immer wieder in gleicher Weise ablesen zu können, ist unterhalb des Zapfens *d*, auf den das Elektroskop *a* aufgesteckt wird, eine Hülse *g* befestigt, in welche das von einer Stange getragene Diopter *e* eingesteckt wird. Beim Transport wird dieses abgenommen, der Schlauch *l* ausgeschraubt und der Schutzcylinder *h* durch Metallkappen verschlossen.

Damit beim Ansaugen von Luft nicht auch seitlich in das Elektroskop Luft eintritt und die Blättchen bewegt, werden nach Aufstellung des Apparates alle Fugen durch etwas Klebwachs oder Paraffin gedichtet.

Die in der Zeiteinheit durch den Apparat gesogene Luftmenge wurde aus dem Querschnitt der Röhre und der Geschwindigkeit des Luftstromes berechnet. Letztere wurde in der Weise bestimmt, dass vorn an *h* und unmittelbar vor dem Eintritt in den Aspirator kurze Stücke weiter Glasröhren an- bzw. eingesetzt wurden, und nun dem Luftstrom kleine Beimengungen von Rauch beigegeben wurden; aus der mit Hilfe einer Mareeschen Trommel bestimmten Zeit, welche zwischen dem Passieren zweier in bestimmter Entfernung befindlichen Punkte des Röhrensystems verstreicht, wurde aus 11 Messungen eine Geschwindigkeit von nahezu 3 Metern/sec ermittelt. Diese Geschwindigkeit ist grösser als diejenige, welche der Aspirator in Verbindung mit den Thermometern eines Assmannschen Psychrometers erzeugt, weil im vorliegenden Falle der Querschnitt des Luftweges ein viel grösserer ist. Die Wirkungsweise der verschiedenen von mir für den vorliegenden Zweck durchprobierten Aspiratoren wurde mit einem Differentialmanometer geprüft, ähnlich wie es Otto Edelmann gethan hat [1]; dadurch konnte leicht ermittelt werden, wie oft aufgezogen werden musste, damit die Luftgeschwindigkeit einen konstanten Betrag beibehalte.

Wenn der Innencylinder und namentlich die Stütze *k* auch querschnittverengend wirkt, so kann man doch die gemessene Geschwindigkeit nahezu als durchschnittliche ansehen und findet dann, dass in jeder Sekunde nicht ganz 2 Liter durch den Apparat fliessen, oder genauer ein Kubikmeter in rund 10 Minuten hindurchgesaugt wird.

Eine dem Zwischenraum zwischen den beiden Cylindern entsprechende Länge wird von der Luft in etwa $^1/_7$ Sekunde zurückgelegt. Für die Diffusionsgeschwindigkeiten der Ionen röntgenisierter Gase durch die Luftmoleküle hindurch haben verschiedene Methoden in guter Übereinstimmung einige Centimeter für ein Volt/cm Spannungsgefälle ergeben; nehmen wir für die Luftionen nur 1 cm/sec Geschwindigkeit an, so werden bei 200 Volt Ladung des inneren Cylinders die Ionen mit Diffusionsgeschwindigkeiten von 165 cm/sec in radiärer Richtung bewegt. Zur

1) O. Edelmann, Psychrometerstudien. Inaug. Diss. München 1896. Meteorolog. Ztschft. **13**, 332, 1896.

Durchmessung des nur 1,21 cm weiten Zwischenraumes zwischen innerer und äusserer Wand brauchen sie nur 1/137 Sekunde, also nur eine etwa 20mal so kurze Zeit als sie brauchen, um mit der aspirierten Luft die Cylinder entlang getragen zu werden. Verwendet man also Spannungen von der genannten Ordnung, so kann man annehmen, dass durch das elektrische Feld alle Ionen aus der durchgesogenen Luftprobe entfernt werden. Dass dies in der That sehr nahe der Fall ist, wird durch Versuche bewiesen, bei denen zwei der geschilderten Apparate hintereinander geschaltet sind; während in dem zuerst von der Luft passierten erhebliche Spannungsabnahmen eintreten, sind dieselben in dem zweiten sehr gering.

Selbstverständlich wurde vor, sowie nach jeder Beobachtungsreihe eine Kontrollbestimmung ohne Luftstrom angestellt; hierbei war der Blättchenrückgang ein ausserordentlich viel langsamerer als mit Luftstrom, etwa 1 Skalenteil in 20 Minuten, während bei Aspiration der 20- und mehrfache Betrag in derselben Zeit erhalten wurde. Dass auch ohne Luftstrom Entladungen, welche den durch etwa noch vorhandene Isolationsmängel zu erklärenden Betrag übersteigen, vorkommen, stimmt mit der Beobachtung von H. Geitel überein, dass auch in völlig abgeschlossener, ruhender Luft die Zerstreuung niemals ganz aufhört, da sich die Ionen in bestimmter Zeit, wenn auch langsam zu regenerieren scheinen. [1]) Der Wert ohne Strom wurde von dem bei Luftaspiration beobachteten abgezogen.

Zahlreiche Versuche bei den verschiedensten Witterungsverhältnissen ergaben:

1. Der Ionengehalt pro cbm ist bei den verschiedenen meteorologischen Bedingungen ein sehr verschiedener; er ist gross bei klarem sonnigem Wetter und nimmt bei Trübungen der Atmosphäre ab, wie dies schon Elster und Geitel mit dem Zerstreuungsapparate konstatierten. Namentlich, wenn Rauch oder Staub in der Luft ist, sind die erhaltenen Werte klein, ebenso bei grossem Feuchtigkeitsgehalte. Diese Beimengungen können also nicht die Ursachen der beobachteten Entladungen sein.

2. Im Durchschnitt ist der absolute Betrag an Elektrizitätsmenge in der Luft sehr klein; er erreicht bei den bis jetzt angetroffenen Bedingungen am Boden nur Werte in der Grössenordnung einer elektrostatischen Einheit. Die Dissoziation von $\frac{1}{3} \cdot 10^{-14}$ gr Wasserstoff oder $\frac{1}{3} \cdot 10^{-10}$ cbcm dieses Gases würde bereits genügen, um die genannte Menge frei zu machen. Wenn von dem in 1 cbm Luft enthaltenen Sauerstoff nur der 10000 billionte Teil dissoziiert wäre, würden die Ionenladungen dieses Teiles bereits genügen, um die in dem Aspirationsapparate eingefangene Elektrizitätsmenge zu liefern.

1) H. Geitel, diese Ztschft. **2**, 116, 1900 und J. Elster und H. Geitel, **2**, 560, 1901.

3. Thomson und Rutherford geben in der oben zitierten Abhandlung (S. 396 unten) ein Zahlenbeispiel, welches den Vergleich des Ionengehaltes der von ihnen benutzten künstlich ionisierten Luft mit demjenigen der freien Atmosphäre ermöglicht. Danach ist die Ionisation der natürlichen Luft unter gewöhnlichen Verhältnissen bei uns im Sommer am Boden etwa 100000 mal geringer als in dem genannten Beispiele der Ionisation durch schwache Röntgenstrahlen.

4. Nach dem Poissonschen Satze der Potentialtheorie kann man die freie Elektrizität pro Raumeinheit in der Atmosphäre aus der Änderung des Potentialgefälles mit der Höhe berechnen. Legt man etwa die von Le Cadet bei seiner Ballonfahrt am 11. September 1897 gefundenen Zahlen [1]), welche Liebenow zur Ableitung einer einfachen zweikonstantigen Formel benutzt hat [2]), zu Grunde, so erhält man ca. 10^6 mal kleinere Werte als sie der Aspirationsapparat ergeben hat. Dies kann nicht verwundern. Denn in dem Potentiale kommt nur die „freie Elektrizität", d. h. der Überschuss der positiven Ladungen über die negativen im cbm zum Ausdruck. Das Aspirationsverfahren lässt den wahren Inhalt an positiver und negativer Elektrizität gesondert bestimmen. Diese Beträge selbst sind also etwa millionenmal so gross, als der Überschuss an freier positiver Ladung in den über dem negativ geladenen Erdboden liegenden Luftschichten, welche das positive Potentialgefälle im elektrischen Felde der Erde unter normalen Witterungsverhältnissen bedingen.

Das bis jetzt erhaltene Zahlenmaterial ist noch nicht umfangreich genug, um weiter gehende Schlüsse zu rechtfertigen; ich wollte zunächst nur zeigen, wie man auch über die absolute Ionenführung der Atmosphäre Aufschluss erhalten kann, und in welche Grössenordnung die zu erwartenden Beträge etwa fallen.

1) Le Cadet, Compt. rend. **125**, 494, 1897.
2) C. Liebenow, Die atmosphärische Elektrizität. Halle. 1900, p. 8.

München, Juli 1901.

(Eingegangen 24. Juli 1901.)

Bemerkungen zu J. J. Thomsons Theorie der elektrischen Strömung in Gasen.

Von J. Stark.

1. Vor 2 Jahren hat J. J. Thomson im Phil. Mag. (5) S. 267, 1899 eine mathematische Formel abgeleitet zur Darstellung der (selbständigen) elektrischen Strömung in einem Gas,

insbesondere zur Ermittlung des räumlichen Verlaufes des Spannungsgefälles. In zwei neueren Arbeiten (Phil. Mag. (5) **50**, 279, 1900; (6) **1**, 368, 1901) hat er den von A. Schuster[1]) zuerst angedeuteten, von J. S. Townsend[2]) bestimmt ausgesprochene Gedanken weiter verfolgt, dass in einem elektrischen Strome schnell bewegte Ionen durch ihren Stoss aus neutralen Teilchen neue freie Ionen in einem Gas erzeugen. Hiervon ausgehend hat er vor kurzer Zeit in der letztgenannten Arbeit eine neue mathematische Behandlung der elektrischen Strömung in einem verdünnten Gas versucht. Hieran seien folgende Bemerkungen geknüpft.

n Zahl der negativen Ionen in der Volumeneinheit, u ihre Geschwindigkeit, x ihre Bewegungsrichtung, λ ihre mittlere freie Weglänge, e ihre Ladung, X das Spannungsgefälle (Potentialgradient, elektrische Kraft). Unter Benutzung dieser Bezeichnungen drückt Thomson die Forderung, dass die Zahl der negativen Ionen im stationären Zustand konstant sei, durch folgende Gleichung aus:

$$\frac{d}{dx}(nu) = \frac{nu}{\lambda}\left\{f(Xe\lambda) - \beta\right\}$$

f bezeichnet hierin die Funktion, welche die Zahl der von einem Ion durch Stoss erzeugten neuen Ionen darstellt; β bezeichnet die Zahl der Wiedervereinigungen, die ein Ion eingeht.

Für die positive ungeschichtete Lichtsäule ist $\frac{d}{dx}(nu) = 0$, für sie gilt darum $f(Xe\lambda) - \beta = 0$. Thomson behauptet nun auf Grund dieser Gleichung, dass die Grösse $X\lambda$ konstant und unabhängig von der Stromstärke sei. Indem er λ umgekehrt proportional dem Gasdruck p setzt, kann er sagen, dass die Grösse $\frac{X}{p}$ konstant sei.

Es sei hier nicht die Ableitung der obigen allgemein gedachten Formel Thomsons besprochen; es sei lediglich die aus ihr für die positive Lichtsäule gezogene Folgerung mit der Erfahrung verglichen.

In den Messungen W. Hittorfs scheint das Spannungsgefälle in der ungeschichteten positiven Lichtsäule unabhängig zu sein von der Stromstärke. Aber alle späteren Beobachter (A. Herz, C. A. Mebius, E. Wiedemann und G. C. Schmidt, G. C. Schmidt, J. Stark) haben gefunden, dass dies nicht genau ist, dass vielmehr zwischen Spannungsgefälle und Stromstärke die Beziehung besteht $X = a - bi$, wo a und b Konstanten sind.

Nach Messungen von A. Herz[3]) gilt beispielsweise (i = Milliampère) für eine Röhre von 1 cm Durchmesser bei 2,8 mm Druck $X = 80{,}25 - 10i$, für eine Röhre von 2 cm Durchmesser bei dem gleichen Druck $X = 68{,}95 - 3{,}5i$.

1) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. **37**, 336, 1884.
2) J. S. Townsend, Nature 1900, August; Phil. Mag. (6) **1**, Febr. 1900.
3) A. Herz, Wied. Ann. **54**, 251, 1895.

Da demnach das Spannungsgefälle X in der positiven Lichtsäule nicht unabhängig von der Stromstärke ist, so kann es auch die Grösse $\frac{X}{p}$ nicht sein. Man könnte vermuten, dass die Konstanz wenigstens für konstante Stromstärke bei variablem Druck gewahrt sei. Dies ist indes gemäss der nachstehenden Tabelle (berechnet nach den Messungen von A. Herz a. a. O. S. 263) nur bei kleinen Stromdichten mit Annäherung der Fall; die oberste Horizontalkolumne der Tabelle giebt die zugehörigen Stromdichten.

$\frac{\text{Milliampère}}{\text{cm}^2}$	1,528	0,679	0,382	0,246
p	X/p			
8		19,6		
7	20,6	20,0		
6	22,1	20,6		
5	23,4	21,5		
4	24,9	23,0	22,3	
3	25,9	25,4	23,7	
2,5		26,5	24,6	24,1
2		27,7	25,7	24,3
1,5		29,1	27,2	25,0
1			29,8	26,9

Auch für Wasserstoff, Helium und Quecksilberdampf (W. Heuse) ist die Grösse X/p nicht konstant.

Thomson selbst bringt zur Stütze seiner theoretischen Folgerung folgende Tabelle (berechnet nach Messungen von Cl. A. Skinner) bei. In die letzte Kolumne ist von mir die zugehörige Stromdichte gesetzt; in die vorletzte habe ich die Abweichungen von dem Mittelwert $X/p = 40{,}77$ in Prozenten eingetragen.

p	X	X/p	Abweichung in Proz.	$\frac{\text{Milliampère}}{\text{cm}^2}$
0,6 mm	27 Volt/cm	45	10,3	0,0796
1,0 „	40 „	40	1,8	0,0796
1,5 „	56 „	38[1])	8,4	0,0796

Diese kleine Tabelle spricht deswegen günstig für Thomsons Theorie, weil die Stromdichte klein ist; gleichwohl sind die Abweichungen von dem Mittelwert in dem kleinen Druckgebiet von 0,6—1,5 mm bereits beträchtlich.

2. u Geschwindigkeit der negativen Ionen, v der positiven, k_1 und k_2 Konstanten. Thomson setzt nun $u = k_1\sqrt{X}$, $v = k_2\sqrt{X}$. Nach dem Ohmschen Gesetz gilt bekanntlich $u = \varkappa_1 X$, $v = \varkappa_2 X$.

In seiner früheren Arbeit hatte Thomson gemäss dem Ohmschen Gesetze die Ge-

1) Genauer 37,3.

schwindigkeiten der Ionen proportional der Kraft gesetzt. In der gegenwärtigen lässt er das Ohmsche Gesetz für Gase fallen, indem er die Ionengeschwindigkeiten proportional der Quadratwurzel aus der Kraft setzt. In einer Beziehung bleibt er indes auf dem Standpunkte des Ohmschen Gesetzes stehen; er betrachtet nämlich die Ionengeschwindigkeiten in einem Punkte der Strombahn lediglich als Funktion der gerade in diesem Punkte herrschenden Kraft oder der örtlichen Kraft.

Zu der Quadratwurzel kommt Thomson auf folgende Weise. „Da die kinetische Energie der Ionen proportional $X\lambda$ ist, so können wir setzen $u = k_1\sqrt{X}$, $v = k_2\sqrt{X}$, wo k_1 und k_2 Konstanten sind, die von der Gasdichte abhängen." Nun aber muss λ, die mittlere freie Weglänge der Ionen, im allgemeinen als Funktion der Geschwindigkeit und damit der Kraft betrachtet werden. Die freien Ionen sind nämlich zwischen neutralen Teilchen verteilt; der freie Weg, den sie zwischen diesen zurücklegen können, hängt ab von dem Verhältnis der Geschwindigkeiten der vom Feld bewegten freien Ionen und der neutralen Teilchen. Ist die Geschwindigkeit der Ionen im Vergleich zu derjenigen der neutralen Teilchen sehr gross, so kann man diese als feststehend betrachten und die freie Weglänge der Ionen unabhängig von ihrer Geschwindigkeit setzen. Thomson scheint von dieser Überlegung auszugehen, da er an früheren Stellen seiner Untersuchung von einer sehr grossen kinetischen Energie der Ionen spricht.

Die Frage ist, ob beispielsweise in der ungeschichteten positiven Lichtsäule die Geschwindigkeit der positiven Ionen in Wasserstoff sehr gross ist im Verhältnis zu derjenigen der neutralen Wasserstoffmoleküle. Bei Atmosphärendruck ist die Geschwindigkeit der positiven Ionen in diesem Falle im Mittel (Rutherford, Townsend, Chattok) 3,9 cm sec^{-1} für 1 Volt auf 1 cm. Es sei diese spec. Geschwindigkeit umgekehrt proportional dem Druck gesetzt, dann beträgt sie bei 7,6 mm Druck 390 cm sec^{-1}; unter einem Spannungsgefälle von 150,1 in einer 1,5 cm weiten Röhre bei 1,2 Milliampère Stromstärke ist die Geschwindigkeit 58539 cm sec^{-1}. Zu Gunsten der Annahme Thomsons sei angenommen, dass die vorstehende Extrapolation einen zu kleinen Wert geliefert habe; er sei darum noch mit 10 multipliziert und als Geschwindigkeit der positiven Ionen 585390 cm sec^{-1} gesetzt. Nun aber beträgt die Geschwindigkeit eines Wasserstoffmoleküls bei 0^0 184400 cm sec^{-1}. Die Geschwindigkeit, die ein positives Ion in dem betrachteten Falle auf Grund der Wirkung der elektrischen Kraft annehmen kann, ist also nicht sehr gross im Vergleich zu der Geschwindigkeit der neutralen Teilchen.

3. Zur Bestimmung des Spannungsgefälles X giebt Thomson folgende Differentialgleichung

$$\frac{k_1 k_2}{4\pi e}\,\frac{2}{3}\,\frac{d^2 X^{\frac{3}{2}}}{dx^2}$$

$$= \left(\frac{k_1}{k_1 + k_2}\,\frac{i}{\lambda} + \frac{2}{3}\,\frac{k_1 k_2}{4\pi e\lambda (k_1 + k_2)}\,\frac{dX^{\frac{3}{2}}}{dx}\right)\left\{f(Xe\lambda) - \beta\right\}.$$

Da diese Gleichung für den stationären Zustand die unbekannte Funktion $f(Xe\lambda)$ enthält, so kann sie nicht durch einen Vergleich mit den Beobachtungen geprüft werden. Thomson hält dafür, dass auch eine geschichtete Strömung durch sie dargestellt werde. Indessen folgert er auch, dass eine geschichtete Strömung unstetig sein müsse. Nun aber lassen sich Schichtungen herstellen, an denen man bis jetzt mit keinem Hilfsmittel Unstetigkeit nachweisen konnte.

Die Hauptschwierigkeit, die Thomsonsche Gleichung mit der Erfahrung in Einklang zu bringen, liegt darin, dass Thomson die Anschauung beibehält, die Geschwindigkeit und die kinetische Energie der Ionen und darum auch die von ihnen bewirkte Ionisierung sei eine Funktion lediglich der örtlichen Kraft. Dass dem nicht allgemein so sei, dafür lässt sich ein sicheres Beispiel anführen. Im negativen Glimmlicht hat man eine grosse Geschwindigkeit der negativen Ionen; dies folgt aus der magnetischen Ablenkbarkeit des Glimmlichtes und aus seiner hohen Temperatur. Und doch ist in ihm das Spannungsgefälle kleiner als in allen übrigen Teilen der Strömung.

Das negative Glimmlicht ist es denn auch, das Thomson am wenigsten auf dem Boden seiner Theorie zu erklären vermag. Er verlässt diesen vielmehr und sieht in der grossen Ionisation und dem Minimum des Spannungsgefälles im negativen Glimmlicht eine Wirkung der „Entladungsstrahlen".

Göttingen, 4. Juli 1901.

(Eingegangen 27. Juli 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Das höchste Ziel des Physikers.[1])

Von Henry A. Rowland.[2])

Die Veranlassung, welche uns heute zusammenführt, beschliesst eine Epoche in der Geschichte der Physik in Amerika; möge die Zukunft sie auch als eine Epoche in der Geschichte der Wissenschaft erscheinen lassen, zu deren Pflege unsere Gesellschaft gegründet wurde! Denn unsere Zusammenkunft gilt einer Wissenschaft, welche mehr als andere sich mit den Grundfragen des Universums beschäftigt, mit dem Wesen der Materie, aus der alles, was da ist, besteht und mit dem Äther des Weltenraumes, der allein ein Band zwischen den verschiedenen Teilen der Weltmaterie knüpft, und lägen sie selbst in Entfernungen voneinander, die wir niemals zu durchschreiten hoffen können, so weit auch unser Wissen in Zukunft noch fortschreiten mag.

Wir, die ihr Leben der Lösung physikalischer Probleme gewidmet haben, vereinigten uns, um uns gegenseitig zu helfen und die Interessen eines Gegenstandes zu fördern, der uns am Herzen liegt, eines Gegenstandes, der an die bessere Seite unserer Natur appelliert, und dessen Probleme an unsere Geisteskraft die höchsten Forderungen stellt und sie zu den höchsten und edelsten Ideen emporweist.

In einem Lande, in dem die Doktrin von der Gleichberechtigung der Menschen in die Lehre von der Gleichheit der Menschen in anderer Hinsicht verkehrt wurde, bilden wir eine kleine und eigenartige Gruppe von Leuten, eine neue Art der menschlichen Rasse, wie eine unserer ersten wissenschaftlichen Grössen sagte, und pflegen Anschauungen über die höchsten Errungenschaften im Leben, die von jenen unserer Umgebung gar sehr abweichen. In dieser Beziehung sind wir eine Aristokratie, nicht des Reichtums und der Stammesherkunft, sondern des Geistes und der Ideale, die den am höchsten schätzt, der unser Wissen am reichsten erweitert oder in ihm das höchste Gut erkennt.

In diesem Geiste vereinigen wir uns in enger Ideengemeinschaft, um Wissen auszutauschen, und wollen wir uns immer zusammenfinden im vollen Bewusstsein des Nutzens, der daraus für uns und möglicherweise auch für unsere Wissenschaft entspringt. Vor allem, lassen Sie den Gedanken der Würde unserer Aufgabe in uns feste Wurzeln schlagen, damit uns dieses Gefühl inmitten einer Welt aufrecht erhält, die nicht der Forschung in der reinen, unmateriellen Physik, deren Pflege unsere Gesellschaft dient, ihr höchstes Lob zollt, sondern demjenigen, der sie mehr zur Befriedigung der physischen als der geistigen Bedürfnisse der Menschheit verwendet. Wer zwei Grashalme dort baut, wo früher nur einer wuchs, ist der Wohlthäter der Menschen; aber er, der im stillen arbeitete, um die Gesetze dieses Wachstumes zu finden, steht geistig höher und ist in Wirklichkeit der grössere Segenspender.

Wie stehts nun in unserem Lande in dieser Beziehung? Meine Antwort muss noch immer, wie vor fünfzehn Jahren sein, dass viel der Geisteskraft unseres Landes für sogenannte praktische Wissenschaft verbraucht wird, und dass nur wenig Geist und Geld dem edleren Teile der Aufgabe, der an den Verstand sich wendet, gewidmet wird. Doch beweist Ihre Gegenwart, dass dieser Zustand nicht für immer bestehen bleiben wird.

Schon in der Vergangenheit finden wir einige Namen, welche die wissenschaftliche Welt überall verehrt: Franklin, der die Lehre von der Elektrizität durch einige einfache aber bedeutungsvolle Experimente fast völlig umgestaltete; Graf Rumford, dessen Versuche die Natur der Wärme fast direkt vor Augen führten; Henry, der viel für den Fortschritt der Physik gethan haben könnte, wenn er die Resultate seiner Untersuchungen vollständiger veröffentlicht hätte; Mayer, dessen einfache und geistreiche Versuche für viele eine Quelle der Freude und der Belehrung waren. Das ist die dürftige Liste jener, deren Tod mir von ihnen zu sprechen erlaubt, und die durch ihre Arbeit für den Fortschritt unserer Wissenschaft hier Erwähnung

1) Präsidialrede, vor der Physical Society of America gehalten am 28. Oktober 1899 zu New-York; Americ. Journ. of Science (5) 10, 825—833, 1899.

2) Henry A. Rowland ist am 16. April 1901 in seinem Heim in Baltimore, 52 Jahre alt, gestorben. 1848 geboren, wurde er nach einer kurzen Bethätigung als Eisenbahningenieur und dann als Lehrer, 1875 zum Professor der Physik und Direktor des Physikalischen Laboratoriums der Johns Hopkins Universität zu Baltimore erwählt.

Von den amerikanischen Physikern ist er einer der bekanntesten, namentlich durch seinen berühmten, 1875 im Helmholtz'schen Laboratorium durchgeführten Nachweis der magnetischen Wirkung konvektiv bewegter statischer Elektrizität, sowie vor allem durch die Konstruktion und theoretische Durcharbeitung seiner, in der ganzen Welt verbreiteten Beugungsgitter und das damit photographisch fixierte und durchgemessene Sonnenspektrum. Von seinen sonstigen Arbeiten sind seine Ohmbestimmung, sowie die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes nicht minder bedeutsam. Weitere Arbeiten beziehen sich auf magnetische Fragen und die Theorie des Halleffektes. Auf der Pariser Weltausstellung erregte eine von ihm durchgearbeitete Wechselstromtypentelegraphie Aufsehen, über die demnächst in dieser Zeitschrift ausführlich berichtet werden wird.

Schon lange vor seinem Tode hatten wir die Erlaubnis erhalten, die folgende Rede abzudrucken. Sie wird jetzt zu seiner Gedächtnisrede auf sich selbst, durch welche der ernsten wissenschaftlichen Persönlichkeit und dem Geiste des bedeutenden Forschers auch von uns ein ehrendes Andenken gezollt sei. H. Th. S.

verdienen. Und doch erstreckt sich die Liste auf mehr als hundert Jahre. Wie anders, wenn ich jene aufzählen sollte, die nützliche und wertvolle Erfindungen machten!

Doch Ihr Anblick, der strebsame Geist und edle Wille in den jugendfrischen, kräftigen Gestalten belehren mich, dass der Schriftsteller der vergangenen hundert Jahre nicht länger gegen unser Land einen solchen Vorwurf erheben darf. Auch dürfen wir unsere Vorfahren nicht tadeln. Der Fortschritt jeder Wissenschaft offenbart uns die Bedingungen für ihr Gedeihen. Nur ganz vereinzelte Persönlichkeiten haben, wenn sie in einem halbzivilisierten Lande abgeschlossen leben, den Wunsch oder die Möglichkeit, die höheren Zweige des Wissens zu verfolgen. Und sollten sie auch im Stande sein es zu thun, ihr Einfluss auf die Wissenschaft hängt von dem ab, was sie veröffentlichen und der Welt bekannt geben. Der Forscher in der Einsiedelei kann viele nützliche Entdeckungen machen; solange er sie aber für sich selbst behält, kann er nicht den Anspruch erheben, der Welt in irgend einer Weise genützt zu haben. Seine nicht veröffentlichten Resultate sind ein privater Gewinn, aber die Welt hat davon nichts, solange er sie nicht in einer Weise bekannt gemacht hat, die die Aufmerksamkeit auf sie lenkt und die Welt von ihrer Wahrheit überzeugt. Es ist darum für die Förderung einer Wissenschaft das Beste, was wir thun können, in ihrem Interesse zusammen zu kommen, ihre Probleme zu erörtern, unsere Arbeiten gegenseitig zu kritisieren und, was das Beste ist, dafür zu sorgen, dass das Beste der Welt bekannt wird. Und ferner, lassen Sie uns einen Unterschied in unseren Gedanken und Werken machen. Lassen sie uns die Momente hervorheben, wenn grosse Gedanken in unser Fach getragen werden und lassen Sie uns die grossen Männer ehren, die sie einführten und als richtig erwiesen. Lassen Sie uns die albernen Ideen von der Gleichheit der Menschen zurückweisen und gewissenhaft dem grösseren Manne die grössere Anerkennung zollen. Bei der Auswahl der Fragen unserer Untersuchungen lassen Sie uns, wenn möglich, solche Probleme in Angriff nehmen, welche schliesslich unser Wissen über eine grosse Frage einen Schritt weiter führen. Ich weiss wohl, dass wir das nicht immer können, unsere Gedanken bewegen sich oft auf Seitenwegen; aber mit den grossen Problemen des Universums im Auge werden wir manchmal im stande sein, etwas zum grösseren Endzwecke beizutragen.

Was ist die Materie? Was ist die Gravitation? Was ist der Äther und die Strahlung durch ihn hindurch; was ist Elektrizität und Magnetismus; wie hängen sie miteinander zusammen und in welcher Beziehung stehen sie zur Wärme? Das sind die grossen Probleme des Weltalls. Aber wir müssen viele unendlich viel einfachere Fragen in Angriff nehmen und lösen, ehe wir über die Lösung der grösseren auch nur Mutmassungen aufstellen können.

Wie stehen wir diesen grossen Problemen gegenüber und worauf ist unsere Kenntnis gegründet?

Newton und die grosse Reihe seiner astronomischen Nachfolger haben bewiesen, dass innerhalb planetarischer Entfernungen Materie andere Materie mit einer Kraft anzieht, welche sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung ändert. Welche Art von Beweis haben wir für dieses Gesetz? Es ist aus astronomischen Beobachtungen der Planetenbahnen abgeleitet; es stimmt innerhalb dieser immensen Räume vortrefflich; aber wo ist der Beweis dafür, dass das Gesetz für kleinere Entfernungen bestehen bleibt? Wir messen die Mondentfernung und die Grösse der Erde und vergleichen die Kraft in dieser Entfernung mit der Gravitationskraft an der Erdoberfläche; dass aber können wir nur, wenn wir die Masse der Erde mit jener der Sonne vergleichen und dies können wir nur, indem wir die Richtigkeit des Gesetzes annehmen. Wenn wir ferner im Cavendish-Experiment von der Erdgravitation zu jener zwischen zwei kleineren Körpern übergehen, nehmen wir die Giltigkeit des Gesetzes an und leiten aus ihm die Masse der Erde in unseren Masseneinheiten ab. Wenn wir daher sagen, die Masse der Erde sei $5\frac{1}{2}$ mal so gross, wie die eines gleichen Volumens Wasser, so nehmen wir an, das Gravitationsgesetz sei das Newtonsche. Es ist somit ein Beweis dafür, dass das Gesetz von planetaren bis zu irdischen Entfernungen richtig sei, physikalisch nicht zu erbringen.

Für den Teil des Gesetzes, der besagt, dass die Massenanziehung proportional mit der Quantität der Materie ist oder was auf dasselbe hinausläuft, dass die Anziehung eines Körpers gegen einen andern durch die Gegenwart eines dritten nicht geändert wird, haben wir nur einen schwachen Beweis, indem wir mittelst der Wage Körper in verschiedenen relativen Lagen zu einander wiegen; in grösseren Dimensionen wird der Beweis hinfällig. Erst wenn wir die Sonne in zwei Teile zerlegen und beweisen könnten, dass jede der Hälften halb so stark anzieht als das Ganze, hätten wir einen Beweis, welcher der Rede wert wäre.

Was können wir bezüglich des Zusammenhanges zwischen Gravitation und Zeit sagen? Können wir auch nur einen Augenblick glauben, dass zwei mit grossen Geschwindigkeiten sich durch den Raum bewegende Körper dieselbe Gravitation erfahren, wie wenn sie ruhten? Ich glaube, nein! Ebensowenig können wir den Laplaceschen Beweis anerkennen, dass die

Gravitationskraft momentan durch den Raum hindurch wirkt; denn wir können ohne Schwierigkeit kompensierende Faktoren uns denken, an die Laplace nicht dachte.

Wie wenig wissen wir also von diesem Gesetze, das seit 200 Jahren der Prüfung unterliegt.

Wie haben sich unsere Ansichten über die Materie selbst geändert und wie sehr ändern sie sich noch immerfort! Das runde harte Atom Newtons, dass nur Gott in Stücke brechen konnte, ist zu einem Molekül geworden, das aus vielen Atomen besteht, und jedes dieser kleinen Atome ist so elastisch geworden, dass seine Amplitude noch nach 100000 Schwingungen ungemindert bleibt. Es ist so kompliziert geworden, dass es in tausendstimmigem Akkord schwingen kann. Wir bedecken das Atom da und dort mit Elektrizität und machen aus ihm ein System, im Vergleich zu dem das Planetensystem, ja selbst die Sonne die Einfachheit selbst ist. Ja noch mehr: einige unter uns behaupten die Gewalt zu haben, die Newton bloss Gott allein zuerkannte, das Atom in so kleine Bruchstücke zu zerlegen, dass kaum die Phantasie ihre Grösse noch erfassen kann. Wer könnte da so thöricht sein, das Studium der Materie materialistisch und niedrig zu nennen? Wer ist ferner so gottbegnadeten und erleuchteten Geistes, dass er ihre Probleme anzugreifen und zu lösen vermöchte?

Jeder Masse schreiben wir zwei Eigenschaften zu, Gravitation und Trägheit. Masse, welche diese Eigenschaften verliert, ist keine Masse mehr. Das grösste Naturgesetz stellt fest, dass die Kraft der Gravitationsanziehung der Masse der Körper proportional ist. Dieses Newtonsche Gesetz, das von den Physikern geradezu gedankenlos hingenommen wird, hat ohne Zweifel grösste Bedeutung und tiefsten Inhalt. Bedeutet es, dass alle Materie im letzten Grunde aus gleichen und ähnlich gearteten Uratomen besteht, oder können wir eine andere Erklärung finden?

Dass die Massenmoleküle nicht rund sind, lehren uns die Thatsachen der Krystallographie und die Wirkung der Materie, welche wir in der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes erkennen.

Dass Teile der Moleküle und selbst der Atome elektrisch geladen sind, lehren uns die Elektrolyse, die Wirkung der Gase in Vakuumröhren und der Zeemaneffekt.

Dass einige derselben wie kleine Magnete wirken, zeigt uns die magnetische Wirkung von Eisen, Nickel und Kobalt.

Dass sie elastisch sind, zeigt das Spektrum und dass sie die elektrische Ladung mit sich führen, ist durch den Zeemaneffekt erwiesen.

Damit sind wir in die Behandlung des Problems eingetreten; wie viel fehlt aber noch bis zur endgültigen Lösung? Welche Vorstellung können wir uns von dem Material bilden, aus dem gewöhnliche oder Uratome gemacht sind, nachdem wir uns faktisch nur mit Gruppen von Atomen beschäftigen können? Für ewig unserer Wahrnehmung entzogen, fast unzählige Male in der Sekunde hin- und zurückschwingend, bald da bald dort in ruheloser Bewegung bei allen Temperaturen oberhalb des absoluten Nullpunktes, sind sie ein Triumph der menschlichen Vernunft und Einbildungskraft und setzen uns in Erstaunen über unser bereits erreichtes Wissen. Ermutigt durch diese Erfolge, wollen wir nicht länger in beschaulicher Betrachtung bei ihnen verweilen, sondern vorwärts dringen zu neuen Entdeckungen, die unser in der Zukunft harren!

Die Elektrizität! Der flüchtige Geist des Bernsteines, der Dämon, der seine gierigen Arme ausstreckt, um leichte Körperchen zu sich heranzuziehen, die Flüssigkeit, welche mit grösster Leichtigkeit durch die Metalle eilt und doch wiederum durch ein Stück Glas zum Stillstand gebracht wird! Wo sind sie jetzt? Verschwunden, zu dem grossen Haufen entkräfteter Theorien gelegt, um durch die viel feinere und erhabenere Theorie der Wirkung des Weltenäthers ersetzt zu werden.

Und so kommen wir zur Betrachtung der zweiten grossen Wesenheit — des Äthers: unbegrenzt den ganzen Raum erfüllend, bildet der Äther in unserer Vorstellung die einzige Vermittelung, durch welche zwei räumlich getrennte Massen einander gegenseitig beeinflussen. Durch seine Vermittelung ist in unserer Vorstellung durch die Gravitationskraft und oft durch die Kräfte der Elektrizität und des Magnetismus jedes Atom im Weltenraume mit allen anderen verknüpft; er ist der Träger, der die Schwingungsbewegung jedes Atoms und Moleküls in den Raum hinaus fortpflanzt, wo sie sich in endlose Strahlung auflöst, die sich in das Unendliche verbreitet oder durch andere Atome absorbiert wird, die ihr gerade in den Weg kommen. Er ist der Träger aller elektromagnetischen Energie, mag sie von der schwachen Anziehung geriebenen Bernsteins ausgehen oder in den vielen tausend Pferdekräften spielen, die durch elektrische Drähte vom Niagara kommen oder den mächtigen Energiestrom bilden, der immerwährend in der Strahlenflut der Sonne uns zugesandt wird. Alle diese Wirkungen, ob schwach, ob stark, ob in molekularen oder planetaren oder Fixsternentfernungen auftretend bis zu den gewaltigen Entfernungen die das Universum umschliesst — sie alle sind in diesem wunderthätigen Äther vorhanden.

Und doch, so geheimnisvoll er ist, seine Gesetze sind viel einfacher als die der Materie. Jede Welle in ihm, schreitet in ihm unabhängig

von Länge und Intensität nach wohlbekannten Gesetzen fort, jede mit der gleichen Geschwindigkeit, in unveränderter Richtung von ihrem Ursprung in der elektrisierten Materie aus, bis zu den Grenzen des Universums mit demselben Energieinhalt, solange sie nicht durch die Anwesenheit von Materie gestört wird. Wie auch die Wellen sich durchkreuzen mögen, jede schreitet für sich fort, ohne von den anderen behindert zu werden.

In gleicher Weise haben wir hinsichtlich der Gravitation keinen Anhaltspunkt dafür, dass die Anwesenheit eines dritten Körpers die gegenseitige Wirkung zweier anderer beeinflusst oder dass die Anwesenheit einer dritten Elektrizitätsmenge die gegenseitige Anziehung zweier anderer beeinflusst. Und ebenso ist es beim Magnetismus.

Aus diesem Grunde sind die Gesetze der Gravitation und der elektrischen und magnetischen Wirkung, einschliesslich der Strahlung, die einfachsten aller Gesetze, wenn wir uns auf ein sogenanntes Vakuum beschränken, und werden um so verwickelter, je mehr wir sie auf massenerfüllte Räume anwenden.

Wir können den Äther den grössten elektrostatischen, magnetischen oder Gravitationskräften unterwerfen und finden keinerlei Anzeichen eines Zusammenbruches oder auch nur einer Änderung seiner Eigenschaften. Wir können ihn durch einen so heissen Körper wie die Sonne in Schwingungen versetzen und durch ihn Tausende von Pferdekräften pro Quadratfuss Sonnenoberfläche übertragen, und er bleibt so ruhig und folgt scheinbar so genau den nämlichen Gesetzen als ob er die Energie einer Talgkerze übertrüge.

Wir können einen Millimeter Äther der Spannung vieler Tausende, ja Millionen von Volt aussetzen, und doch nehmen wir kein Zeichen des Zusammenbruchs wahr.

Darum sind die Eigenschaften des Äthers ideal einfach und führen zu den einfachsten Gesetzen. Alle durch die Entfernung wirkenden Kräfte gehorchen dem Gesetze des umgekehrten Quadrates der Entfernung und rufen an einzelnen Teilchen, welche nahe bei einander liegen, eine Anziehung hervor, welche gleich ist der arithmetischen Summe der Anziehungskräfte, die an den getrennten Teilchen wirken. Dasselbe gilt für das einfache, oben erwähnte Gesetz der Ätherwellen.

Zur Zeit dürfen wir, dank den Arbeiten von Maxwell und den Ergänzungen von Hertz und anderen, den grossen allgemeinen Schluss ziehen, dass alle wellenartigen Störungen im Äther elektromagnetischer Natur sind. Wir kennen keine oder nur schwache Ätherstörungen, welche durch die Bewegung der reinen Materie ausgelöst werden können: nur wenn die Materie elektrisch geladen ist, ist sie mit dem Äther genügend fest verknüpft, um ihre Bewegung auf den Äther zu übertragen. Der Zeemaneffekt beweist dies selbst für den Fall, wo Moleküle in Frage kommen und die Schwingungszahl ausserordentlich gross ist. Der Versuch über die magnetische Wirkung eines elektrischen Konvektionsstroms beweist das nämliche. Elektrisiert man eine bewegte Scheibe, so scheint es, als halte die Scheibe den Äther fest und nehme ihn bei der Bewegung mit, indem dabei jene merkwürdige Ätherbewegung verursacht wird, die wir mit Magnetismus bezeichnen.

Haben wir nicht einen anderen Fall ähnlicher Art, wenn sich eine grosse, gravitierende Masse wie die Erde um ihre Achse dreht? Ist nicht die Materie genügend fest mit dem Äther in Verbindung, um den Erdmagnetismus hervorzurufen?

Freilich zeigte der Lodgesche Versuch, welcher eine solche Wirkung beweisen sollte, dass die Verbindung ausserordentlich schwach sein muss. Wäre sein Versuch nicht geglückt, wenn er seine rotierende Scheibe elektrisch geladen hätte?

Irgend eine Erscheinung zu finden, welche mit der Relativbewegung von Äther und Materie zusammenhängt, ist ein lebhafter Wunsch der Physiker. Leider finden wir, mit nur einer möglichen Ausnahme, dass immer ein kompensierender Faktor auftritt, welcher unsere Bemühungen nutzlos macht. Dieses eine Experiment ist die Aberration des Lichtes, und selbst für sie hat Stokes zweierlei Möglichkeiten der Erklärung dargethan: erstens die, dass die Erde sich durch den Weltenäther bewegt, ohne ihn zu stören, und zweitens die, dass, im Falle die Erde den Äther mitbewegt, eine Art von wirbelfreier (irrotational) Bewegung auftritt. Es hängt aber auch hier die Grösse der Wirkung wahrscheinlich von der Relativbewegung der Lichtquelle gegenüber dem Beobachtungsfernrohr ab.

Auch das Dopplersche Prinzip bezieht sich auf diese Relativbewegung und hängt nicht vom Äther ab.

Die Foucaultschen Versuche über den Durchgang des Lichtes durch bewegtes Wasser dürfen nicht mehr durch eine teilweise Mitbewegung des Äthers mit dem bewegten Wasser erklärt werden, wie eine unvollständige Theorie geschlossen hatte. Denn der Lodgesche Versuch, den Äther durch eine rasch rotierende Scheibe in Bewegung zu setzen, misslang.

Der Michelsonsche Versuch, den „Ätherwind“ nachzuweisen, zeigte gleichfalls keine Relativbewegung zwischen Äther und Materie, obwohl dieser Versuch mit der grössten Empfindlichkeit arbeitete.

Nur elektrisch geladene Materie hält den

Äther fest und bewegt ihn so, wie es die magnetische Wirkung fordert.

Bewegen sich elektrisch geladene Körper nebeneinander durch den Raum oder relativ zu einander, so können wir ihre gegenseitige Wirkung nur für sehr kleine und gleichförmige Geschwindigkeiten verfolgen. Bewegen sie sich mit Geschwindigkeiten, welche mit der des Lichtes vergleichbar werden, oder noch rascher, so können wir ihren Einfluss auf den Äther nur im Lichte unserer Einbildungskraft studieren, ohne die sichere Führung des Versuchs. Die Schlussfolgerungen von J. J. Thomson, Heaviside und Hertz sind alle nur Resultate der Phantasie; die Annahmen, auf denen sie ruhen, sind zwar mehr oder weniger verständlich, aber sie bleiben doch immer Annahmen. Eine mathematische Untersuchung befolgt stets das Gesetz der Erhaltung des Wissens: wir bekommen aus ihr nie mehr heraus, als wir in sie hineinstecken. Was sie lehrt, kann seine Form ändern und kann klarer und richtiger formuliert werden, allein das Gesamtwissen, das wir über einen Naturvorgang aus der Untersuchung erhalten, ist nach der Untersuchung nicht grösser als es vor derselben war. Wir können daher die Folgen von unkontrollierbar grossen Geschwindigkeiten nicht vorhersagen, und solche Berechnungen, wie die der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, die man an ihre elektromagnetische Wirkung anschliesst, behalten einen hohen Grad der Unsicherheit, was wir nicht vergessen dürfen.

Ja, fragen wir nach dem thatsächlichen Wissen, so müssen die Grenzen sehr enge gezogen werden.

Wie kommt es da, dass wir Physiker und andere immerfort Behauptungen darüber aufstellen hören, was jenseits dieser Grenzen gilt? Nehmen wir zum Beispiel Geschwindigkeiten eines materiellen Körpers, die mit der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar sind. Es giebt keinen bekannten Vorgang, bei dem eine derartige Geschwindigkeit auftreten könnte, selbst wenn ein Körper aus unendlicher Entfernung auf die grösste Masse im Weltenraume fallen würde. Elektrisieren wir den Körper wie es in den Kathodenstrahlen der Fall ist, so ändern sich seine Eigenschaften dermassen, dass seine Masseneigenschaften durch die elektromagnetischen vollständig verdeckt werden.

Es ist unter angehenden Physikern ein weitverbreiteter Fehler, ein Gesetz oder eine Kurve oder einen mathematischen Ausdruck für ein bestimmtes Versuchsintervall aufzustellen und sie dann zur Auffindung von Werten zu verwenden, welche ausserhalb liegen — zu extrapolieren, wie man sich ausdrückt. Ein solches Vorgehen ist, wenn man sich nicht peinlich in acht nimmt, kein Denkprozess mehr, und führt zu Phantasterei, die sehr leicht zu Fehlschlüssen führt, wenn die extrapolierten Werte zu weit ab liegen.

Doch ich will nicht zu sehr ins einzelne eingehen. Ich habe genügend viele Beispiele gegeben, um zu zeigen, wie wenig wir auf die tieferen Fragen unseres Faches antworten können.

Es ist eine merkwürdige Thatsache: unser Geist sucht nach dem Unendlichen, unsere Gedanken sind nicht an Raum und Zeit gebunden, und doch sind die Grenzen unseres exakten Wissens so ausserordentlich beschränkt! Die Zeitgrenze liegt innerhalb hundert oder vielleicht tausend Jahre: ja für unsere Wissenschaft ist sie noch enger zu setzen, als die erstere. Unser exaktes Wissen über den Raum beschränkt sich auf Teile unserer Erdoberfläche und etwa ein oder zwei Kilometer unterhalb; nur wenn wir durch starke Fernrohre sehen, können wir noch einige Kenntnis über das, was darüber hinaus im Weltenraume liegt, gewinnen. Unsere Kenntnis von Temperaturverhältnissen erstreckt sich ungefähr etwa vom absoluten Nullpunkt bis zu Temperaturen der Sonne, allein positiv kennen wir nur ein viel kleineres Intervall. Unsere Drucke reichen von dem des Crookesschen Vakuums, das noch Milliarden von bewegten Atomen enthält bis zu der Druckgrenze, welche uns die Festigkeit des Stahls vorschreibt; dieser Druck ist aber noch winzig klein im Vergleich zu den Drucken im Centrum der Erde und Sonne, unter der der härteste Stahl wie das reinste Wasser fliessen würde. Unsere Geschwindigkeiten reichen nicht über einige Kilometer in der Sekunde hinaus, unsere Kräfte nicht über etwa 100 Tonnen pro Quadratzoll; die mechanischen Rotationen nicht über einige hundert in der Sekunde.

Alle diese Thatsachen, die grosse Gefahr Fehler zu machen, was wir auch in Angriff nehmen, die Schwäche der Schlussziehungen unseres Geistes, die Fehlbarkeit von Beobachtern und Experimentatoren machen den Wissenschaftler sehr skeptisch, wenn er irgend einer Behauptung oder einer sogenannten Erkenntnis gegenübertritt. Die Thatsachen und Theorien unserer Wissenschaft sind soviel sicherer als die der Geschichte, des Zeugnisses des gemeinen Volkes, auf dem die Thatsachen der Geschichte im allgemeinen oder die gesetzlichen Bestimmungen ruhen, oder der Wert der Arzneien, auf die wir in der Krankheit uns verlassen, ja des ganzen Machwerkes der vermeintlichen Wahrheit, nach welcher der gemeine Mann seine Meinungen und Handlungen im Leben richtet, dass meine Ausführungen über die Unvollkommenheiten des physikalischen Wissens eine eigentümliche Vorbedeutung enthalten, wenn sie richtig sind. Wie sollen wir, ihnen zufolge,

unsere Denkweise einrichten: ich wüsste nur den einen Weg, nämlich das Sprunghafte des gewöhnlichen, sogenannten gebildeten, gesetzgemässen Geistes zu vermeiden. Es giebt keine absolute Wahrheit und keinen absoluten Irrtum. Der wissenschaftlich Gebildete darf keine Theorie oder Beobachtung für vollständig richtig oder völlig falsch halten; er muss sorgfältig abwägen, wieviel Wahres und Falsches in ihr liegt und sie an die richtige Stelle der Linie, welche zwischen absoluter Wahrheit und absolutem Irrtum zu ziehen ist, setzen.

Der gemeine ungeschulte Geist kennt nur zwei Fächer: eines für Wahrheit und eines für Irrtum; und leider kommt sogar in vielen Fällen der Inhalt beider durcheinander; der ideale, wissenschaftlich gebildete Geist kennt eine unbeschränkte Anzahl von Fächern. Jede Theorie und jedes Gesetz hat ein eigenes Fach, das der Wahrscheinlichkeit ihrer Richtigkeit entspricht. Sowie eine neue Thatsache bekannt wird, bringt sie der Forscher bald in dieses, bald in jenes Fach und versucht, soweit als möglich, den geeigneten Platz zwischen Wahrheit und Irrtum für sie ausfindig zu machen. So war z. B. die Fluidumstheorie der Elektrizität früher einmal nahe bei Wahrheit, die Untersuchungen Maxwells und Faradays haben uns veranlasst, sie jetzt in ein Fach zu bringen, welches fast am Ende beim absoluten Irrtum liegt.

Das Gravitationsgesetz für planetare Entfernungen liegt weit in der Richtung der absoluten Wahrheit und wird doch noch verschiedene Verbesserungen erfahren müssen, ehe es noch weiter auf sie zugerückt werden kann.

Der ideale, wissenschaftliche Geist ist daher fortwährend einer Wage vergleichbar, und muss infolge der kleinsten neuen Erkenntnisse bald nach der einen, bald nach der anderen Richtung hin Verschiebungen eintreten lassen. Er muss dauernd eine zweifelnd kritische Haltung bewahren, und sich bewusst bleiben, dass nichts absolut sicher ist. Er muss vor allem allen Erfahrungen und Theorien der Wissenschaft und allen anderen sogenannten Überzeugungen und Theorien agnostisch gegenüberstehen.

Trotzdem wäre es thöricht, etwa hieraus zu schliessen, dass wir unser Leben nach diesen angenäherten Wahrheiten nicht zu richten brauchten. Die Natur ist unerbittlich; sie straft das Kind, das in Unkenntnis über einen Abgrund schreiten will, nicht weniger streng als den erzogenen, ausgebildeten Fachmann, der die Gesetze des Falles und die Grenzen ihrer Richtigkeit genau kennt. Beide fallen zu Boden und sind beim Falle den Gesetzen der Gravitation unorganischer Körper unterworfen; nur durch die Muskelzusammenziehungen sind sie von letzteren verschieden; die Überzeugung der Person bleibt aber ohne den geringsten Einfluss. Die Naturgesetze sind in dieser Beziehung wohl fest und unabänderlich. Verstehe sie und sie werden uns wohlthätig: wir können sie für unsere Zwecke benutzen und zu Sklaven unserer Wünsche machen. Missverstehe sie, und sie sind Ungeheuer, die uns zu Staub zermalmen können. Wir werden da nicht nach unserer Meinung gefragt: sie wirken unerschütterlich in ihrer Weise, und wir müssen sie entweder zu verstehen suchen oder die Folgen tragen. Unsere einzige Richtschnur bleibt daher, entsprechend dem Stande unserer Kenntnis der richtigen Gesetze zu handeln. Handeln wir demgemäss, dann gut; handeln wir gegensätzlich, so haben wir dafür zu büssen. Bleiben wir unwissend, so gehen wir zu Grunde. Wer kann daher thörichter sein, als wer behauptet, dass unsere Ansicht keine schlimmen Folgen bringt, wenn sie nur ehrlich ist.

Das einzige Kind, die geliebte Frau liegt auf dem Krankenbette. Der Arzt sagt, die Krankheit sei tödlich: ein winziges Pflänzchen, Mikrobe genannt, hat Eingang in den Körper gefunden und wächst auf Kosten seiner Gewebe, indem es im Blute tödliche Gifte erzeugt oder ein Lebensorgan zerstört. Der Arzt steht da, ohne fähig zu sein, irgendwie helfen zu können. Er kommt täglich, und nimmt Kenntnis von der hinsiechenden Kraft seines Patienten, und täglich steht es um diesen schlechter, bis er im Grabe ruht. Und warum konnte dies der Arzt nicht verhindern? Können wir zweifeln, dass es ein Heilmittel giebt, welches den Mikroben tötet oder sein Gift neutralisiert? Warum hat er es nicht angewandt? Er wurde beigezogen, um Heilung zu schaffen, allein ohne Erfolg. Wir bezahlen ihm gern seine Rechnung, da er sein Bestes gethan hat und die Heilung versucht hat. Die Antwort ist Unwissenheit. Das Heilmittel ist noch nicht bekannt. Der Arzt wartet, bis es andere entdecken oder stellt vielleicht selbst rohe und unwissenschaftliche Versuche an, um es zu finden. Erscheint da nicht die Schlussfolgerung gerechtfertigt, dass die Welt den falschen Leuten Geld giebt? Wäre nicht diese Unwissenheit vielleicht beseitigt worden, wenn man vorher das nötige Geld aufgewandt hätte, um sie zu beseitigen? Solche Todesfälle halten manche Leute für ein Werk Gottes. Welche Blasphemie, Gott das Unglück zuzuschreiben, das wir und unsere Vorfahren verschuldet haben, indem aus Selbstsucht die Gründung der nötigen Anzahl von medizinischen Forschungslaboratorien und die Bereitstellung der zur Auffindung der Wahrheit nötigen Mittel versäumt wurde? Ein solcher Todesfall ist ein Mord. Die jetzige Generation büsst für die Sünden der Vergangenheit, und wir sterben, weil unsere Vorfahren ihren Reichtum für Heere und Flotten, für albernen Pomp und gesellschaft-

liche Etikette verschwendeten und versäumt haben, uns Einsicht in die Naturgesetze zu verschaffen. In diesem Sinne waren sie die Mörder und Räuber an zukünftigen Generationen von Millionen noch nicht Geborener und haben die Welt zu einem Spital und einer Stätte der Trauer gemacht, während sie zu einer Stätte des Friedens und Glückes hätte werden können. Nur, dass sie selbst nicht wussten, was sie thaten, kann sie entschuldigen, aber eben diese Entschuldigung stellt sie in eine Reihe mit ungebildeten Wilden, deren Handlungen sich nur nach selbstischen Wünschen richten und nicht nach der Vernunft und den Forderungen der Pflicht. Möge die jetzige Generation sich warnen lassen, damit nicht dieser Tadel später auch sie trifft, denn sie kann in dieser Hinsicht nicht die Unwissenheit als Entschuldigung vorschützen.

Ich wählte dieses Beispiel aus der Heilkunde, da sie uns alle angeht. Allein es stehen ja alle Wissenschaften miteinander in Zusammenhang und müssen gemeinsam fortschreiten. Der menschliche Körper ist ein chemisches und physikalisches Problem, und diese Wissenschaften müssen daher fortschreiten, ehe wir der Krankheiten Herr werden können.

Doch, wer der Physik treu ergeben ist, bedarf eines derartigen Spornes nicht, um zu schaffen. Die Heilung von Krankheiten ist eine sehr notwendige Sache und es kann nichts Edleres geben, als ein Leben, das ihr gewidmet ist.

Aber die Ziele des Physikers sind zum Teil rein intellektuell; er ringt nach einem Verständnis der Welt der geistigen Freude wegen, welche ihm seine Arbeit verschafft, und schöpft Erhebung aus der Gewissheit, dass das Studium der Geheimnisse der Natur der geeignetste Weg ist, auf dem die Menschheit schliesslich zum höchsten Gut und Glück gelangen wird.

Wo sind nun da die grossen Forschungslaboratorien in unserer Stadt, in unserem Lande, oder vielmehr in der Welt? Hier und da sehen wir einige jämmerliche Gebäulichkeiten mit ein paar Hunger leidenden Professoren, die im edlen Streben mit den ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln ihr Bestes thun. Aber wo in der Welt ist ein rein wissenschaftliches Institut irgend eines Faches, das jährlich 100000000 Dollars einnimmt? Wo kann der wissenschaftliche Forscher einer reinen Wissenschaft mehr verdienen als die Löhnung eines Handwerkers oder Kochs? Und doch sind 100000000 Dollars im Jahr die Kosten, die eine Armee oder Flotte verschlingt, die den Zweck haben, andere zu töten. Denken wir nur daran, dass auch nur ein Prozent dieser Summe den meisten Leuten zu teuer erscheint, wenn es sich darum handelt, unsere Kinder und Nachkommen vor Elend und selbst vor dem Tod zu schützen.

Das zwanzigste Jahrhundert ist nahe – dürfen wir nicht hoffen, dass die Verhältnisse besser werden, bevor es zu Ende geht? Dürfen wir nicht hoffen, beim Volk im Grossen in dieser Richtung Einfluss zu erreichen? Wohlan denn, vorwärts, mit Vertrauen auf die Würde unserer Bestrebungen? Lassen sie uns den Kopf hochhalten, mit reinem Gewissen, während wir die Wahrheit suchen. Möge die amerikanische physikalische Gesellschaft jetzt und in Zukunft das ihrige thun, wo es gilt, die Lösung des grossen Problems des Baues und der Gesetze des Universums zu versuchen.

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. Fischer, München.)

(Eingegangen 21. Juni 1901.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Professor Dr. Th. Des Coudres.

E. Orlich, Über Einrichtungen und Methoden zur Prüfung von Wechselstromzählern in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. (E. T. Z. 1901, S. 94.)

Die vorliegende Mitteilung bildet eine Ergänzung des Aufsatzes von Feussner: „Über das Prüfungsverfahren für Gleichstrom-Elektrizitätszähler in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.“[1]) Während Gleichstromzähler mit Strömen bis zu 10000 Amp. und mit Spannungen bis 840 V. geprüft werden können, reichen gegenwärtig die für Wechselstromprüfungen getroffenen Einrichtungen bis zu 500 Amp. und 1000 V.; es wird jedoch beabsichtigt, das Messbereich für die Prüfungen der letzteren Art auf 1000 Amp. und 3000 V. zu erweitern.

Die Zählerprüfungen werden, wie bei den Gleichstrommessungen, gewöhnlich mit getrennten Kreisen für die Hauptstrom- und die Spannungsspulen ausgeführt. Als Energiequelle dient eine dreiphasige Wechselstrommaschine, welche durch einen mit Akkumulatorenstrom gespeisten Gleichstrommotor sehr gleichmässig angetrieben werden kann. Der Hauptstrom wird dem Drehstromgenerator mittelst eines Transformators entnommen, welcher die Maschinenspannung auf die für die Stromspulen erforder-

1) Feussner, E. T. Z. 1900, S. 1035.

liche geringe Spannung herabtransformiert; er kann durch einen der Primärwickelung des Transformators vorgeschalteten Kurbelwiderstand, ferner durch einen den Zählerspulen parallel geschalteten Gleitbandwiderstand kontinuierlich verändert werden. Um der Spannung, welche den Nebenschluss-Stromkreis der Zähler speist, die gewünschte Phasenverschiebung gegen den Hauptstrom geben zu können, wird an den Generator ein asynchroner Drehstrommotor angeschlossen, dessen mit Schleifringen versehener Läufer in beliebige Stellung zum Ständer gebracht werden kann, während der Messung aber feststeht. Die in der Läuferwickelung durch das Drehfeld des Motors erzeugte Spannung wird durch einen zweiten Transformator den Spannungsspulen der Zähler zugeführt. Die Bestimmung der so erhaltenen Phasenverschiebung erfolgt aus den Angaben der eingeschalteten Spannungs-, Strom- und Leistungsmesser. Unter den zur Verwendung kommenden Messinstrumenten ist neben einigen Hitzdrahtinstrumenten, Strom- und Wattwagen nach Lord Kelvin, Wattmetern von Helios und Siemens & Halske das Quadrantelektrometer (Hallwachs) hervorzuheben, welches als Wattmeter ebenso bequeme Verwendung findet wie als Strom- und Spannungsmesser. Zur Wattmessung sind die Spannungspole an Nadel und Gehäuse angeschlossen, während die beiden Quadrantenpaare an den Klemmen eines in den Hauptstrom eingeschalteten Normalwiderstandes liegen; ausserdem muss ein Quadrantenpaar mit dem Gehäuse verbunden sein. Der Kontrolle halber sind während der Aichung zwei Wattmeter eingeschaltet. Häufig findet auch ein Normalzähler mit bekannten Korrektionen Verwendung. Die Zeitbeobachtungen erfolgen ebenso wie bei den Gleichstromprüfungen mit einem Doppelzeitschreiber oder einer Arretieruhr. Desgleichen sind die Zuleitungen zu den Apparaten in ähnlicher Weise und unter denselben Vorsichtsmassregeln verlegt wie bei den Gleichstromaichungen.

Nachdem die vorgeschriebene Betriebsspannung eine halbe Stunde lang an den unbelasteten Zähler gelegt ist, werden Messungen mit den Stromstärken $0{,}2 \times J_{max}$, $0{,}6 \times J_{max}$ und J_{max}, jedesmal bei $\cos \varphi = 1$, hierauf zwei weitere Messungen mit J_{max} bei $\cos \pm \varphi = 0{,}6$ und $= 0{,}2$ vorgenommen. Nach Ausführung einer derartigen Messreihe steht der Zähler eine Stunde lang unter maximaler Belastung; alsdann wird die ganze Beobachtungsreihe in umgekehrter Richtung wiederholt, so dass der Zähler 2 bis 3 Stunden mit der maximalen Stromstärke belastet bleibt. Die Aichung selbst wird in den seltensten Fällen durch Ablesen des Zifferblattes ausgeführt, sondern meistens nach der weniger Zeit beanspruchenden Methode, dass bei Motorzählern die Umdrehungszahl der Motorachse, bei Pendelzählern der Unterschied der Pendelschwingungen bestimmt wird.

Die geschilderten Einrichtungen gestatten sicherlich die für Zähleraichungen erforderliche Genauigkeit jederzeit leicht zu erreichen. Da von einer Einregulierung der Kurvenform des zur Aichung benutzten Wechselstromes nicht Erwähnung geschieht, scheint ein Einfluss der letzteren auf die Konstante der mit Eisen versehenen Zähler nicht befürchtet zu werden.

C. Déguisne.

(Eingegangen 10. Juli 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Kohlrausch, F., Lehrbuch der praktischen Physik. Neunte umgearbeitete Auflage des Leitfadens der praktischen Physik. gr. 8. XXVII u. 610 S. 1901. Leipzig, B. G. Teubner. Geb. M. 8.60.

Thompson, Silvanus P., Die dynamoelektrischen Maschinen. Ein Handbuch für Studierende der Elektrotechnik. 6. Auflage. Nach C. Grawinkels Übersetzung neu bearbeitet von K. Strecker und F. Vesper. gr. 8. Erster Teil. Mit 271 in den Text gedruckten Abbildungen und 11 grossen Figurentafeln. XI u. 374 S. 1900. Zweiter Teil. Mit 270 Abbildungen und 10 Tafeln. XII u. 432 S. 1901. Halle a. S. Wilhelm Knapp. à M. 12.—

Tagesereignisse.

Die Stadt Amalfi veranstaltet in diesem Monat eine grosse Feier zu Ehren des Flavio Gioja aus Amalfi, der um 1300 lebte und als Erfinder des Kompasses gilt. Zwar kannte man nicht nur bei den Chinesen, sondern auch in Europa schon vor ihm die Nordweisung der Magnetnadel, konnte sie aber zur See nicht gebrauchen, weil sie an den Schwankungen und der Drehung des Schiffes teilnahm. Nach den Untersuchungen von Dr. Breusing ist es Giojas Verdienst, diese Mängel beseitigt zu haben, indem er die Strichrose auf die Magnetnadel legte und mit dieser fest verband.

Personalien.

Die Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften hat die Professoren Arthur von Oettingen in Leipzig und Ernst Abbe in Jena zu ordentlichen Mitgliedern der mathematisch-physischen Klasse gewählt.

An der technischen Hochschule in Berlin habilitierten sich für Eisenbahn- und Transportmaschinenbau Max Buhle, für Meteorologie Dr. Kassner.

Der Professor der Philosophie an der Universität Wien E. Mach tritt in den Ruhestand.

Die philosophische Fakultät der Universität Zürich hat sechs Dozenten der mechanisch-technischen Abteilung des eidgenössischen Polytechnikums zu philosophischen Ehrendoktoren ernannt, nämlich die Herren A. Fliegner (Maschinenlehre), J. Franel (höhere Mathematik), F. Prasil (Maschinenbau), A. Stodola (Maschinenbau), W. Wyssling (Elektrotechnik) und K. Zschokke (Wasser- und Hochbau).

An der Universität Kiel hat sich Professor Weinholdt von der Marine-Akademie für Mathematik habilitiert.

An der Universität Würzburg hat sich Dr. G. Rost für Mathematik habilitiert.

Giovanni Ossanna, Oberingenieur der Firma Siemens & Halske (A.-G. Wiener Werk), wurde als Professor der Elektrotechnik vom 1. Oktober dieses Jahres an die Königlich-Technische Hochschule nach München berufen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 47. | 24. August 1901. | 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Apparate zur Demonstration der Lichtempfindlichkeit des Selens.

Von J. W. Giltay, Delft (Holland).

Die nach dem System von Shelford-Bidwell gefertigte Selenzelle ist in Fig. 1 abgebildet (*a*). Das Hartgummigehäuse ist auf einem Stativ in vertikaler Richtung verstellbar. Die Selenoberfläche von 46 × 26 mm kann durch das Herunterschieben einer Messingplatte vor dem Lichte geschützt werden. In der Figur ist der Schieber aufgeschoben, das Selen also dem Lichte ausgesetzt.

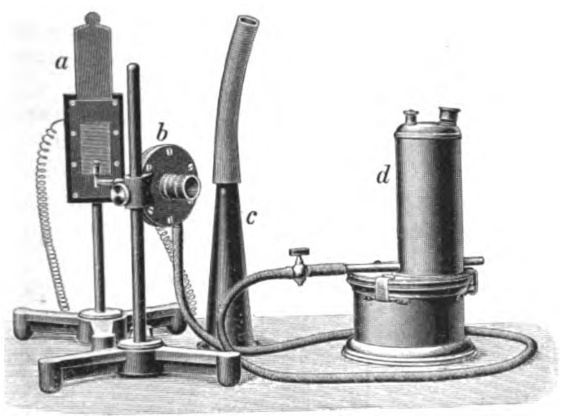


Fig. 1.

Fig. 2 zeigt einen Apparat für intermittierende Beleuchtung. Derselbe besteht hauptsächlich aus einem gusseisernen Gehäuse, an der Rückseite mit einem Hartgummideckel verschlossen. In diesem Gehäuse kann sich eine mit acht länglichen Löchern versehene Hartgummischeibe *s* um eine Horizontalachse drehen. Das Gehäuse ist mit einem Loch *ab* versehen; diesem gegenüber ist an dem Deckel (an der Rückseite der Figur) eine längliche Öffnung angebracht. Die Selenzelle wird vom Stativ abgenommen und, mit der Selenoberfläche nach

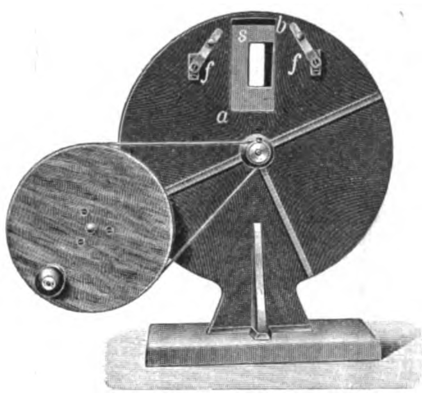


Fig. 2.

hinten, in das Loch *ab* hineingelegt und durch die beiden Federn *ff* festgeklemmt. Wird nun die Kurbel gedreht, so wird die Selenoberfläche intermittierend beleuchtet, entweder von dem durch die Öffnung des Hartgummideckels fallenden Tageslichte oder von einer hinter dem Apparate aufgestellten Lampe. Sehr gut eignet sich dazu der in Fig. 3 abgebildete Acetylenbrenner. Wird die intermittierend beleuchtete Zelle mit einem Telephon und einer Batterie verbunden, so wird im ersteren ein mit der

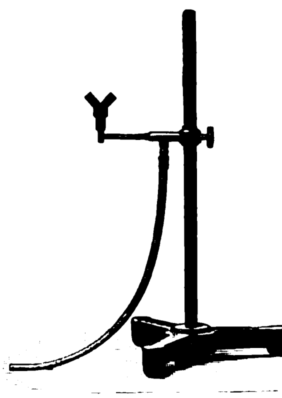


Fig. 3.

Drehungsgeschwindigkeit und der Löcheranzahl der Scheibe korrespondierender Ton gehört werden.

In Fig. 1 stellt *b* eine manometrische Kapsel dar, deren schwingende Platte von einer gewöhnlichen Telephonmembran gebildet wird. *c* ist ein Trichterrohr, welches durch einen Gummischlauch mit *b* verbunden wird. *d* ist ein kleiner Acetylenentwickler. Die manometrische Kapsel ist mit einem Acetylenspitzbrenner versehen.

Die Wasserzufuhr des Entwicklers wird nun reguliert, bis die Spitzflamme etwa 1 $^1/_2$ cm hoch ist; das Stativ mit der manometrischen Kapsel wird derart verschoben, dass die Acetylenflamme etwa 1 cm von der Selenoberfläche entfernt ist. Wird nun leise in den Trichter hineingesprochen, so wird in einem mit der Selenzelle und einer Batterie verbundenen Telephon alles vollkommen deutlich verstanden.

Da das Sprechen in das Trichterrohr nicht ganz bequem ist (wenn man den Mund zu nahe an das Rohr bringt, wird der Ton dumpf), so habe ich diesen Versuch wie folgt umge-

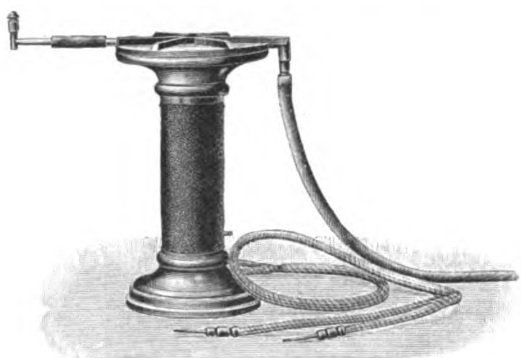


Fig. 4.

ändert. Fig. 4 zeigt ein gewöhnliches Siemens-sches Telephon, wovon jedoch der Deckel entfernt und durch eine manometrische Kapsel ersetzt ist. Das Telephon wird nun auf die übliche Weise mit einem kleinen Induktorium und einem Mikrophon verbunden. Wird nun vor dem Mikrophon gesprochen, so fängt die Acetylenspitzflamme zu vibrieren an, gerade so wie beim Apparate Fig. 1. Das Mikrophon war das Kohlenkornmikrophon von Mix & Genest; als Mikrophonbatterie wurde ein Akkumulator gebraucht.

Fig. 5 zeigt, ungefähr in halber Grösse, einen Holzkasten, in welchem sich drei kleine hintereinander geschaltete Glühlämpchen befinden. Diese brennen mit etwa 4 Volts und 0,6 Ampères. An der Rückseite des Kastens befinden sich zwei Klemmschrauben für die Stromzuführung, wovon in der Figur nur eine (*c*) zu sehen ist. Die Lämpchen werden mit 16 Akkumulatorelementen und mit dem Sekundärdrahte eines speziell dazu gefertigten Induktoriums verbunden. Der Primärdraht dieses Induktors ist mit zwei Akkumulatoren und dem

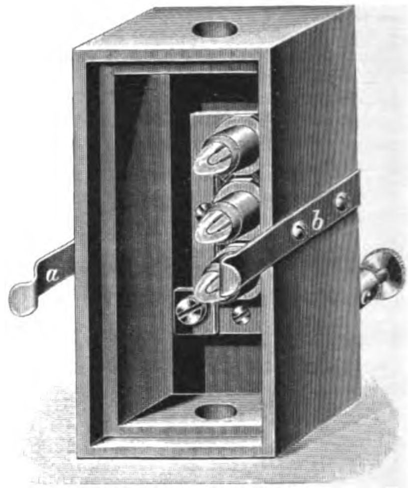


Fig. 5.

Mikrophon Mix & Genest verbunden.[1]) Das Holzgehäuse wird mittelst der beiden Federn *a* und *b* auf das Hartgummigehäuse der Selenzelle geklemmt, so dass die Lampen etwa 1 bis 2 mm von der Selenoberfläche entfernt sind. Wird nun in das Mikrophon laut gesprochen, so wird die Lichtstärke der Lampen undulierend und die dadurch im Selen entstandenen Widerstandsveränderungen werden in einem entfernten Telephon verstanden.

Die Batterie, welche ich für diese Experimente an der Selenzelle benütze, besteht aus kleinen Leclanché-Elementen, wovon eins in der halben Grösse in Fig. 6 abgebildet ist.

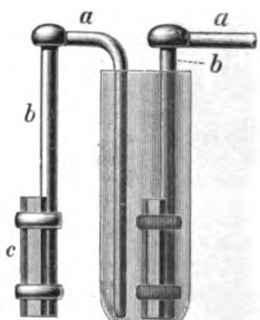


Fig. 6.

Der Zinkdraht *a* des einen Elements ist mit dem verkupferten Ende des Kohlenstabs *b* des

1) In dieser Zeitschrift **2**, 498, 1901 (No. 34 vom 25. Mai) spricht Herr Ruhmer auch schon von einer undulierenden Glühlampe. Ich habe jedoch den Versuch mit dem in Fig. 5 abgebildeten Apparate bereits Ende Februar dieses Jahres gemacht.

benachbarten Elements verlötet. *c* ist ein Agglomeratblock, mittelst zwei Gummiringen an den Kohlenstab *b* befestigt. Um das Austrocknen der Elemente zu verhindern, wird die Salmiaklösung mit einer Schicht aus Paraffinöl bedeckt.

Die Anzahl der Elemente, welche benützt werden, richtet sich selbstverständlich nach dem Widerstand der Selenzelle. Bei einer Zelle, die im Dunkeln den sehr hohen Widerstand von 245 200 Ohms hatte, habe ich sogar 180 Elemente gebraucht. Bei einer Beleuchtung mittelst zweier Suggschen Normalkerzen („sperm-candles") in einer Entfernung von 50 cm sank dieser Widerstand bis auf 148 600.

Bekanntlich fallen die Selenzellen sehr verschieden aus, auch wenn man sich alle Mühe giebt, sie einander möglichst gleich zu machen. So besitze ich eine Zelle, die ganz wie die oben genannte aussieht, welche im Dunkel einen Widerstand von nur 5700 Ohms hat, der bei der oben beschriebenen Kerzenbeleuchtung auf 2750 Ohms sinkt.

Die zu diesen Zwecken verwendeten Telephone sind Doppelpol-Bell-Telephone. Jede Spule ist mit 2500 Windungen eines 0,04 mm starken Neusilberdrahts versehen. Der Gesamtwiderstand der beiden Spulen ist etwa 2700 Ohms. Es ist bei diesen Versuchen oft sehr bequem, an jedem Ohre ein Telephon zu benützen.[1])

1) Die beschriebenen Apparate werden von der Firma P. J. Kipp & Zonen, J. W. Giltay Opvolger, Delft (Holland) angefertigt und in den Handel gebracht.

(Eingegangen 22. Juli 1901.)

Über die Verwendbarkeit oszillierender Glühlampenfäden zu stroboskopischen Messungen.

Von Robert Kempf-Hartmann.

Es ist gewiss schon vielfach beobachtet worden, dass der Kohlefaden einer Edison-Glühlampe in kaltem Zustande beim geringsten Anstoss in lebhaftes Schwingen gerät; oftmals gelingt es gar nicht, das Zittern wieder zur Ruhe zu bringen. Der Kohlefaden ist bei gewöhnlicher Temperatur glashart, ein eingespanntes Stück giebt beim Zupfen einen ziemlich hohen Ton. Der ganze Faden aber einmal oder mehrmals gebogen, bildet ein elastisches System von sehr geringer Trägheit; mit blossem Auge lässt sich seine Schwingungszahl nicht ermitteln. Schlägt man mit der Birne der Lampe mässig stark gegen die Ohrmuschel, so hört man einen metallischen Klang, der aus mehreren musikalischen Tönen zu bestehen scheint, die indessen nicht als harmonische Obertöne zu einem bestimmten Grundtone aufzufassen sind; auch haben sie offenbar nichts gemein mit den für das Auge sichtbaren grossen Schwingungen des ganzen elastischen Systems; denn dessen Schwingungszahl ist sehr gering, etwa 20 in der Sekunde. Der Klang erinnert an denjenigen, welchen angeschlagene Uhrfederspiralen geben, zuweilen auch an entferntes Kuhglockengeläute. Der Ton der Glasbirne ist etwa 2—3 Oktaven höher.

Wird die Lampe zum Glühen gebracht, so kann man durch starkes Schütteln den Faden wohl in Schwingung versetzen, oft bis zu 25 mm Amplitude. Diese Schwingungen werden aber sehr rasch gedämpft, nach wenigen Sekunden tritt vollständige Ruhe ein. Man sollte vermuten, dass der Faden beim Glühen seine Elastizität verliere. Die stroboskopische Messung ergab aber, dass die Schwingungszahl die gleiche blieb. Es scheint sich demnach um magnetische Dämpfung zu handeln. Auch verschwindet der beim Anschlagen an die Glasbirne im kalten Zustande wahrgenommene Ton des Kohlefadens. Bestimmt wurde die Schwingungszahl des durch Schütteln in Bewegung gesetzten glühenden Fadens durch Messen (Schätzen) der Breite einer Wellenfigur, welche aus Kreuzungspunkten zwischen diesen Schwingungen und den dazu senkrecht verlaufenden einer Saite von bekannter Tonhöhe gebildet wurde. Für das Auge entsteht beim Schwingen des leuchtenden Fadens ein kontinuierliches Lichtband, worauf sich die dunkle Wellenlinie deutlich abhebt. Ein ähnliches Schauspiel bietet sich, wenn man die Glühlampe, ohne dass der Faden oszilliert, hinter einer schwingenden Saite vorbeiführt. Gleichfalls entstehen solche Wellenlinien sehr deutlich, wenn ein Draht bei angestossenem Faden senkrecht zu der Längsachse der Lampe auf- und abwärts bewegt wird.

Die Schwingungen des glühenden Fadens lassen sich nun sehr leicht andauernd herstellen. Man braucht nur in die Nähe der vom Wechselstrome gespeisten Lampe einen permanenten (oder durch Gleichstrom erzeugten) Magneten aufzustellen; bezw. einen Wechselstrommagneten bei einer Gleichstromglühlampe (Fig. 1 u. 2). Das für das Auge entstehende Lichtband verbreitert sich mit der Annäherung des Magneten, ausserdem hängt die Form des Bandes, sowie die Amplitude der Schwingungen, namentlich aber die Gleichmässigkeit des Schwingens von der Lage des Magnetes ab. Indessen giebt es eine Menge leicht aufzufindender günstiger Lagen.[1]) Ungünstig ist die Stellung des Magnetes, wenn die Schwingungen so gross werden, dass der Faden an die Glaswand anstösst, oder wenn er in unsymmetrische Schwingungen versetzt

1) In Figur 1 und 2 sieht man nur die beiden Polenden des ca. 12 cm langen permanenten Hufeisenmagnetes.

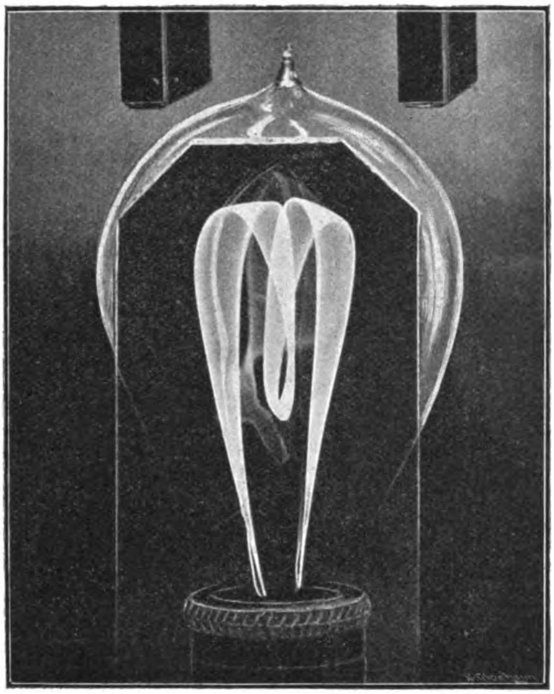


Fig. 1.

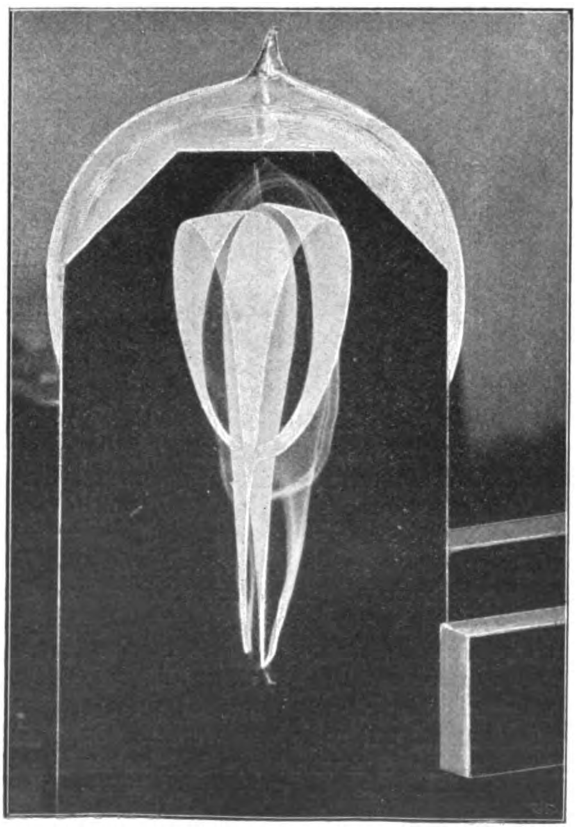


Fig. 2.

wird. Alsdann treten Unregelmässigkeiten auf: die einzelnen Bogen des Kohlefadens schlagen hörbar aneinander, wobei man hellblaue Fünkchen überspringen sieht. Durch diese Überbrückung wird der Widerstand wesentlich herabgemindert, so dass die Lampe einen unzulässigen Strom entnimmt, der das Zerstäuben des Fadens fördert, bezw. ein Durchbrennen zur Folge hat.

Manche Kohlefäden sind so unregelmässig gebogen, dass sich keine grossen gleichmässigen Schwingungen erzielen lassen, indessen dürfte wohl jede dritte Lampe zur Hervorbringung von Amplituden von 10—15 mm grösster Breite geeignet sein.

Was nun die Schwingungszahl anbelangt, so zeigt es sich, dass sie genau der Periodenzahl des Wechselstromes entspricht. Man kann sie leicht durch stroboskopische Methoden, beispielsweise durch Anwendung von abgestimmten Zungen kontrolieren.[1])

Die Erklärung des Vorganges ist einfach. Der Strom erzeugt je nach seiner Richtung ein Kraftlinienfeld, das sich mit dem permanenten Felde zu vereinigen oder von ihm abzustossen sucht. Da der stromführende Leiter, der glühende Kohlefaden, sehr wenig Widerstand zu leisten vermag, so folgt er selbst den Anziehungen bezw. Abstossungen. Eine Magnetnadel würde sich im Grunde geradeso verhalten; ihre Trägheit ist aber im Verhältnis zu den bewegenden Kräften so gross, dass sie nur in ein leichtes Zittern gerät. Das Gleiche findet bei manchen dynamischen Messgeräten statt.

Man darf aber nicht erwarten, dass die einzelnen Schwingungsstadien ganz scharf denjenigen der erregenden Kraft entsprechen, wie das bei der Braunschen Röhre der Fall ist. Vielmehr schwingt der Faden annähernd sinusförmig, ohne auf etwaige Abweichung der Stromkurve von dieser Form zu reagieren.

Wohl aber darf man annehmen, ohne dass man genau weiss, mit welcher Phasendifferenz gegen den Durchgang des Stromes durch den Wert Null der Faden durch seine Ruhelage hindurch schwingt, dass sich diese Phasendifferenz verschwindend wenig ändern wird, wenn die Frequenz des Stromes kleinen Schwankungen unterliegt. Dies ist von Vorteil bei Bestimmungen von Phasenverschiebungen.

Ordnet man zwei solcher Systeme, bestehend aus je einer Glühlampe und einem permanenten Magnet, derart an, dass die Schwingungen der Fäden senkrecht zu einander erfolgen, so entstehen Lissajoussche Figuren und zwar hebt sich der Schnittpunkt beider Fäden als schwarze,

1) Siehe diese Zeitschr. **2**, 546—550, 1901, R. Kempf-Hartmann, Über die Verwendbarkeit skalenartig abgestimmter Stahlzungen zur Bestimmung der Frequenz wellenförmiger Ströme. Auch Elektrotechn. Ztschr. 1901, No. 1.

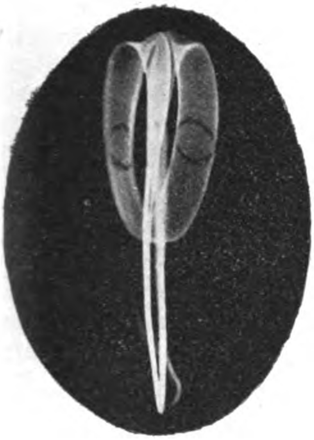


Fig. 3.

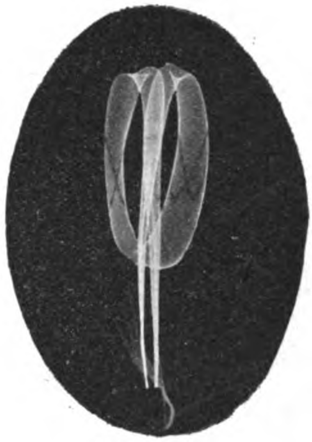


Fig. 4.

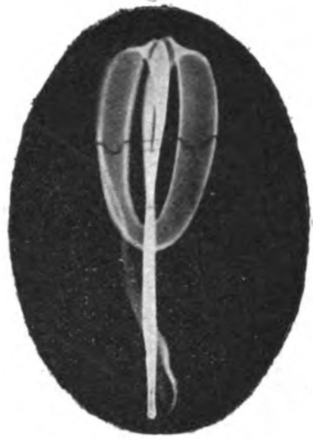


Fig. 5.

sehr feine Kurve ab. Sind beide Lampen unter gleichen Bedingungen parallel geschaltet, so sieht man die Figur in Form einer geraden Linie. Bei der geringsten von einem der Stromkreise erzeugten Phasenverschiebung treten die Ellipsen auf, aus deren Lage in bekannter Weise die Phase ermittelt werden kann.[1])

Der von den $1\frac{1}{2}$ Windungen gebildete Induktionswiderstand des Fadens wird gegen den hohen Widerstand des Fadens in Ohm zu vernachlässigen sein. Daher mag diese Methode der Phasenbestimmung in einigen Fällen von Nutzen sein, bei denen es sich darum handelt, keine weiteren Induktionswiderstände in den Stromkreis einzuschliessen. Beim Beobachten der Kurven empfiehlt es sich, das Auge durch farbige Gläser zu schützen.

Mit einer einzigen Lampe und permanentem Magnet lassen sich aber noch mannigfaltige Experimente anstellen, die ein anschauliches Bild der Schwingungsformen elastischer Körper ergeben können.

Der zu analysierende schwingende Körper befindet sich vor der Lampe ungefähr in Höhe der Mitte der Kohlefadenwindung. Die Ebene seiner Schwingung bildet mit derjenigen des Kohlefadens einen rechten Winkel, so dass die Schnittlinie beider Ebenen parallel zu der Längsachse der Glasbirne läuft.

In Fig. 3—7 sind die Lissajousschen Figuren photographisch aufgenommen. Der schwingende Körper war in Fig. 3 u. 4 eine Stahlsaite von 1 mm, in Fig. 5 eine solche von 0,4 mm Dicke und beidemal von 86 cm Länge. In Fig. 6 u. 7 sind die beobachteten Kurven einer schwingenden, elektromagnetisch erregten Stahllamelle (Zunge) wiedergegeben.

Es sind nun 4 Hauptfälle zu unterscheiden:

1. Welches Vielfache ist die Schwingungszahl des zu untersuchenden Körpers in Bezug auf die Schwingungszahl des Glühlampenfadens?

2. Ist Synchronismus vorhanden; bezw. wie gross ist die Differenz beider Frequenzen?

3. Mit welchem Phasenunterschied schwingen Glühlampe und Saite (u. s. w.) bei Synchronismus?

4. Welche Schwingungsform hat der zu analysierende Körper (Saite u. s. w.)?

Die Fälle 1 und 2 lassen sich sehr scharf bestimmen, während die Genauigkeit bei der Ermittelung der Fälle 3 und 4 nicht ganz einwandfrei bleibt; indessen werden die Resultate der Experimente häufig genügen. In Betracht muss man ziehen, dass die Schwingung des Fadens nur annähernd sinusförmig verläuft. Wie bedeutend diese Abweichungen sind, müsste man etwa durch eine photographische Methode oder eine genau stroboskopische bestimmen.

Was die Wiedergabe der Kurven anbelangt, so musste in der Stellung der Lampe berücksichtigt werden, dass nur derjenige Teil des Lichtbandes, gegen welches sich die Lissajoussche Figur abhob, möglichst unverdeckt von den anderen Teilen blieb.

Auch die Schärfe der Aufnahmen steht uur annähernd im Verhältnis zu der Deutlichkeit des Bildes, wie es sich dem Auge bei direktem Beobachten bietet. Die Expositionsdauer belief sich immerhin auf 2—4 Sekunden, während welcher Zeit die Wechselstrommaschine nicht frei von kleineren Schwankungen bleibt. Der Synchronismus (und nur bei völligem Synchronismus kann man Aufnahmen machen), liess sich dadurch erreichen, dass die Saite u. s. w. von einem Wechselstrommagneten in Schwingung versetzt wurde.[1])

Je nach dem Grade der Resonanz bestimmt sich die Phasendifferenz der Schwingung des

1) Genaueres in Meldes Lehre von den Schwingungskurven, Leipzig, J. A. Barth 1864.

1) Über das Resonanzbereich von Stahllamellen vergl. diese Zeitschrift 2, 546ff., 1901.

erregten Körpers in Bezug zu der erregenden Kraft. Herrscht nun völliger Synchronismus und ist die Stelle grösster Resonanz annähernd erreicht, so kann man sehr schön erkennen, wie sich beim Verstimmen des Klangkörpers (durch Spannen, Belasten u. s. w.) nicht nur

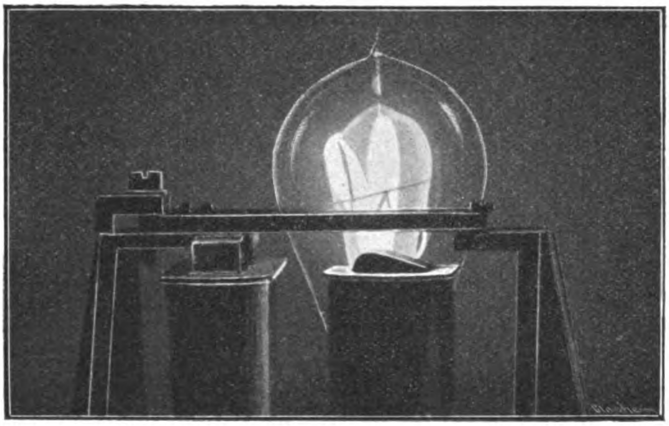


Fig. 6.

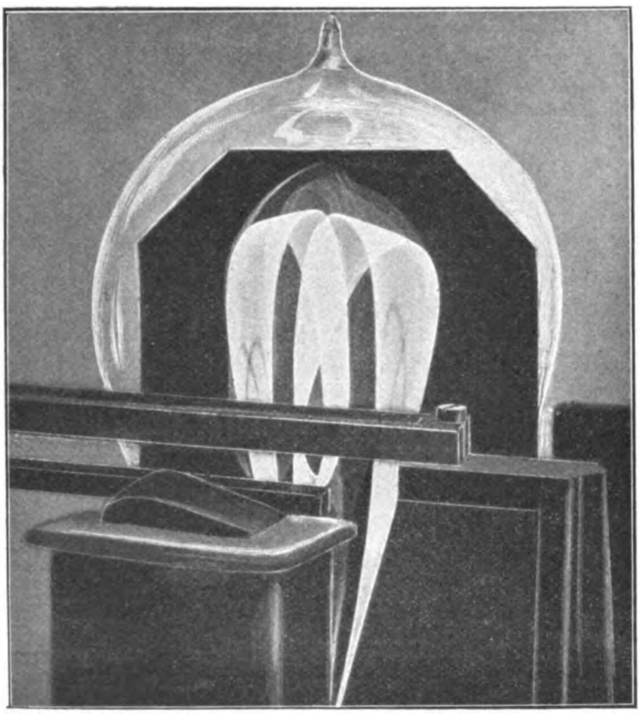


Fig. 7.

die Stärke der Resonanzwirkung ändert, sondern auch wie die Phase wechselt. Schaltet man die Lampe in Serie mit einer eisenfreien Magnetspule, von welcher aus die erregende Wirkung auf die Stahlsaite ergeht, so ist das Feld der Spule in gleicher Phase mit dem des schwingenden Kohlefadens. Wenn man nun die schwingende Stahlsaite auf stärkste Resonanz bringt, so schwingt sie bekanntlich mit einer Phasenverzögerung von $^1/_4$ der eigenen Schwingungsperiode. Es kann nunmehr auch der Winkel der Phasendifferenz zwischen der Schwingung des Kohlefadens und der Stahlsaite, und damit auch zwischen dem Strom und dem Kohlefaden ermittelt werden. Einwandfreier wäre freilich die Benutzung der **Braunschen** Röhre.

Die Ellipse in Fig. 3 zeigt, dass Glühfaden und Stahlsaite die gleiche Periode besitzen. Das Normale bei elektromagnetischen Klangkörpern ist aber eine Periode von halber Dauer; mit anderen Worten auf den vorliegenden Fall bezogen: jede ganze Saitenschwingung entspricht einem Polwechsel.

Bei weiterem Anspannen nimmt die Amplitude der Saitenschwingung bedeutend ab, bis sie dann durch plötzliches erneutes Anschwellen zeigt, dass ein zweites Resonanzbereich angefangen hat. Dieses liegt nun eine Oktave höher, entspricht mithin dem normalen Falle. In Fig. 4 ist die charakteristische, einer Lemniscate ähnliche Kurve deutlich sichtbar.

Ein derartiges Hilfsmittel, die Oktavenlage eines Tones zu bestimmen, ist unbedingt zuverlässig und kann von Vorteil sein in solchen Fällen von Resonanzerscheinungen an elektromagnetisch erregten Klangkörpern, bei welchen es nicht mit Sicherheit gelingt, die Tonlage nach dem Gehör zu ermitteln.

In Fig. 6 u. 7 ist noch eine etwas kompliziertere Kurve abgebildet, welche ein elektromagnetisch erregtes Stahlfederband (Zunge) ergiebt.

Die bisher beschriebenen Schwingungsformen entsprechen dem von Obertönen freien Grundtone. — Erzeugt man künstlich Obertöne, z. B. bei einer dünnen Saite durch Anschlagenlassen an ein Papier oder dergl., so nehmen nach kurzer Zeit die Schwingungsformen eine bleibende Gestalt an. Diese lassen sich photographisch festhalten. Der Formenreichtum solcher Figuren ist natürlich unerschöpflich; aber gerade die beim Anschlagen u. s. w. im ersten Momente entstandenen Figuren sind überaus reizvoll; leider eignet sich hierbei das photographische Verfahren schon aus dem Grunde nicht, weil der Reiz des Anblickes gerade in der Bewegung der Kurven liegt.

Um so schöner kann man dafür alle diese lehrreichen Experimente einem grösseren Auditorium vorführen.

Das Licht einer 25 kerzigen Glühlampe wird

im verdunkelten Saale durch einen Schirm gegen den Zuschauer hin abgeblendet, dann stellt man eine einfache Linse in geeigneter Entfernung vor die Saite, so dass ihre Achse auf die Glühlampe und auf die Saite gleichzeitig gerichtet ist und projiziert die ganzen Vorgänge auf eine weisse Fläche. Das Licht der Glühlampe reicht vollständig aus. Eine Gelbscheibe, wie sie zum direkten Beobachten mit dem Auge, sowie bei der photographischen Aufnahme zur Verhütung von Schleierbildungen notwendig ist, kommt hierbei in Fortfall.

Bei Anwendung von Wechselstrommagneten zur Erzeugung von Resonanzschwingungen darf man den Magnet nicht zu nahe an die Lampe bringen, oder man muss durch magnetischen Kurzschluss nach dieser Seite hin, bez. durch eine magnetische Schirmwirkung die Beeinflussung der Lampe verhüten. In Fig. 7 sieht man unterhalb des Zungenkastens parallel zu diesem ein Stück Eisen, welches die nach der Seite ausgestreuten Kraftlinien des Wechselstrommagnetes zum grössten Teil sammelt.

Die etwas überlichtete Fig. 6, bei deren Aufnahme ich keine Gelbscheibe anwandte, zeigt die Anordnung der aufgespannten Stahlzunge. Bei diesem Versuch wurde der permanente Magnet entfernt, die Birne aber wurde so nahe wie möglich an den Wechselstrommagneten gestellt, um den Einfluss dieses Feldes zu verstärken. Hierbei stellte sich nun heraus, dass die Schwingungszahl des Fadens der doppelten Periodenzahl des Stromes gleich wurde. (Die Lissajoussche Figur ist nicht vorteilhaft reproduziert). Der Glühfaden verhält sich in diesem Falle so, wie sich die drehbare Spule eines Siemensschen Elektrodynamometers verhalten würde, wenn deren Trägheit sehr gering wäre. Thatsächlich stellt sich der Zeiger dieses Instrumentes entsprechend einem Mittelwerte fast völlig ruhig ein. Bei auf ähnlichem Prinzipe beruhenden Wattmetern kann man das Zittern des Zeigers, sofern er an einer leichten Spule sitzt, häufig beobachten.

Der Kohlefaden schwingt auch dann, wenn er in der Nähe des permanenten Magnetfeldes von intermittierendem Gleichstrom zum Leuchten gebracht wird. Die Amplituden werden nicht so gross, wie bei Anwendung von Wechselströmen, immerhin habe ich solche von 8 mm Breite erreicht. Unter Umständen ist es angebracht, den Magneten derart über die Lampe zu stellen (ähnlich Fig. 1), dass man den Glühfaden in Torsionsschwingungen versetzen kann.

Recht geeignet mag auch die Verwendung des schwingenden Glühlampenfadens zur Herstellung intermittierenden Lichtes sein. Dazu genügt es, ein einfaches oder doppeltes Diaphragma an einem Gehäuse (aus mattschwarz lackiertem Messingblech) anzubringen, in dessen Innerem die Lampe steht. Ausserhalb des Kästchens befindet sich der Magnet. Das Diaphragma wird so gedreht, dass die Lampe in der Ruhelage die stärkste Lichtintensität durch dieses schickt. Fängt die Lampe zu schwingen an, so tritt in regelmässigen Zwischenräumen ein Lichtblitz durch den Spalt und belichtet im Zeitmass der halben Periode des Stromes irgend einen Gegenstand, dessen Bewegung, sie sei oszillierend oder rotierend mit der Frequenz des Stromes in Vergleich gebracht werden soll; z. B. kann man die Schlüpfung eines Motors (Rotors) bestimmen, wenn man an die Stirnwand der Welle einen weissen oder schwarzen, vom Zentrum aus radial verlaufenden Strich zeichnet. Unter der Einwirkung des intermittierenden Lichtes hebt sich bei zweipoligen Synchronmotoren ein Diameter ab, bei vierpoligen ein Kreuz u. s. w. Bei eintretender Schlüpfung bewegt sich dieses Kreuz u. s. w. entgegengesetzt der Drehrichtung der Welle. An zweipoligen Motoren kann man bei 10% Schlüpfung noch bequem diese Bewegung mit dem Auge verfolgen und ihre Geschwindigkeit mittels Sekundenuhr in bekannter Weise berechnen.

Da der stroboskopische Apparat sich in Anbetracht seiner Handlichkeit sehr nahe an den zu belichtenden Gegenstand bringen lässt, so gestattet er eine sichere Verwendbarkeit auch bei vollem Tageslicht. (Vergl. hierzu die Bemerkung des Herrn G. Benischke, betreffend der Verwendbarkeit der stroboskopischen Methode von Samojlioff.[1])

Die beschriebenen Versuche wurden im Mai dieses Jahres in den Laboratorien der Firma Hartmann und Braun, Frankfurt a. M. ausgeführt.

1) G. Benischke: Stroboskopische Methoden zur Bestimmung der Wechselzahl und der Schlüpfung. Ann. der Physik., 5, 487, 1901.

Würzburg, Juli 1901.

(Eingegangen 27. Juli 1901.)

Über drahtlose Telegraphie mit telephonischem Empfänger.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Im Folgenden soll über einige Versuche des Verfassers berichtet werden, die bereits im Jahre 1900 begonnen wurden und die Verwendung eines gewöhnlichen Telephons als Empfänger für drahtlose Telegraphie betreffen.

Ausgehend von der Thatsache, dass Entladungen atmosphärischer Elektrizität resp.

funkentelegraphische Entladungen sich in den Telephonleitungen durch ein eigentümliches Knacken verhältnismässig deutlich bemerkbar machen, wurden einige Versuche unternommen, um die praktische Brauchbarkeit eines telephonischen Empfängers für drahtlose Telegraphie zu erproben.

Als Sender diente zunächst ein Righischer Oszillator, der von einem mit Turbinen-Unterbrecher bethätigten 25 cm Induktor gespeist wurde.

Die eine Strahlkugel des Oszillators wurde durch Anschluss an die Wasserleitung geerdet, die andere Kugel mit einem ca. 25 m langen Strahldraht verbunden, der isoliert an der Fahnenstange meines Wohnhauses befestigt worden war.

Die Empfangsstation befand sich auf dem Dache eines ca. 2 km entfernten Wohngebäudes.

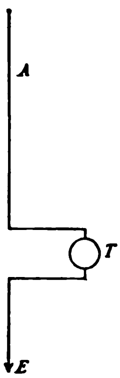


Fig. 1.

Sie bestand aus einer ca. 5 m langen Luftleitung A, die über ein gewöhnliches Posttelephon T mittelst Blitzableiters geerdet wurde (vgl. Fig. 1).

Zur Kontrolle diente ein gewöhnlicher Marconi-Apparat alten Systems, der mittelst Umschalters an Stelle des Telephons geschaltet werden konnte.

Sobald auf der Gebestation Morsezeichen gegeben wurden, konnten dieselben in dem Telephon als Ton von kürzerer oder längerer Dauer deutlich wahrgenommen werden.

Die Tonhöhe entsprach genau der Unterbrechungszahl des Turbinenunterbrechers und konnte durch Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit desselben in weiten Grenzen variiert werden.

Offenbar reagiert das Telephon jedesmal nur auf den ersten Impuls der von dem Sender ausgehenden, stark gedämpften Schwingungen und es kommt also nur die Aufeinanderfolge der einzelnen Funkenentladungen an sich, die natürlich mit der Unterbrechungszahl übereinstimmt, in betracht (vgl. Fig. 2).

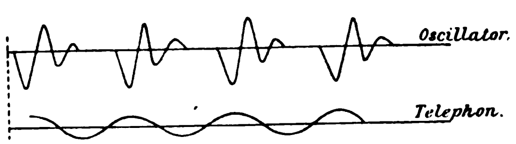


Fig. 2.

Nach dem Gesagten ist es klar, dass es bei dieser Art drahtloser Telegraphie von grossem Vorteil ist, einen kräftigen Sender anzuwenden, der die Energie grösstenteils bei der ersten Oszillation abgiebt, also stark gedämpft ist.

Obschon die benutzte Marconische Sendeanordnung mit einem vertikalen isolierten Strahldraht diese Eigenschaften bereits besitzt, so liessen sich jedoch die Wirkungen durch Erhöhung der Kapazität des Oszillators noch bedeutend steigern.

Ein parallel zur Oszillatorfunkenstrecke O geschalteter Kondensator C (vgl. Fig. 3) erhöht die in Betracht kommende Strahlungsenergie und damit die Lautstärke im telephonischen Empfänger beträchtlich.

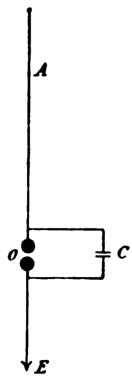


Fig. 3.

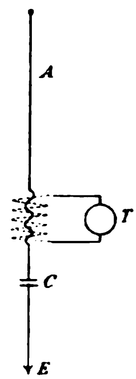


Fig. 4.

Besonders vorteilhaft bewies sich die in Fig. 4 skizzierte Empfangsanordnung, bei der neben einem in Serie geschalteten Kondensator ein Transformator zur Anwendung gelangte. Die erreichte Lautstärke war derartig, dass bei Anwendung längerer Empfangsdrähte eine Verständigung auf 20—30 km möglich erscheint.

Leider konnten die Versuche wegen Zeitmangels nicht fortgesetzt werden.

Vielleicht regen diese Zeilen dazu an, derartige Experimente auf geeigneterem Versuchsgelände wieder aufzunehmen und fortzusetzen.

Offenbar würde eine derartige drahtlose Telegraphie, falls eine Verständigung auf grössere Entfernungen erreicht wird, an Einfachheit alle anderen Systeme übertreffen.

Die Niederschrift der Telegramme kann sowohl durch das Verfahren, welches bei dem Pollak-Viragschen Telegraphen-System angewendet wird, als auch durch Einschaltung eines Telephon-Relais direkt in Morseschrift erfolgen.

Eine Abstimmung resp. Mehrfach-Telegraphie lässt sich in ebenso einfacher wie sicherer Weise durch Veränderung der Unterbrechungszahl und durch die Anwendung eines auf die Unterbrechungszahl des Senders abgestimmten Telephons (Monotelephon von Mercadier) resp. Vibrationsgalvanometers erreichen.

(Eingegangen 27. Juli 1901.)

Zur Kritik der Zahlen der Tabellen von Landolt und Börnstein.

Von Carl Forch.

Man kann bei der Zusammenstellung physikalisch-chemischer Tabellen von zwei völlig verschiedenen Gesichtspunkten ausgehen; man kann 1) überhaupt die eine bestimmte Grösse behandelnden Zahlen unter Verzicht auf jede Kritik und, ohne die mehr oder minder höhere Genauigkeit der einen Zahl gegenüber einer anderen zu berücksichtigen, zusammentragen und es dem Leser überlassen abzuwägen, welchen Angaben er das grössere Vertrauen schenken will; oder man kann 2) kritisch zu Werke gehen, indem man nur diejenigen Werte giebt, welche zur Zeit der Abfassung der Tabelle als die relativ genauesten gelten und auf die älteren etwa nur im Litteraturverzeichnis verweisen.

Während nach den zuletzt genannten Grundsätzen die Tafeln in dem Lehrbuche der praktischen Physik von F. Kohlrausch und in anderen diesem nachgebildeten ähnlichen Büchern zusammengestellt sind, geben die Physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein, deren Wert bei allen quantitativ arbeitenden Naturwissenschaftern ja über allen Zweifel erhaben ist, eine umfassende Wiedergabe des ganzen vorhandenen Zahlenmateriales. Da aber im Laufe der Zeit dieses Material immer mehr anwächst und dadurch bei neuen Auflagen die Handlichkeit und Übersichtlichkeit völlig gefährdet würde, so möge im nachstehenden auf einige Punkte hingewiesen sein, in denen m. E. die genannten Tabellen einer weitgehenden Umarbeitung bedürfen und eine wesentliche Beschränkung des Zahlenmaterials möglich sein dürfte.

Schon P. Volkmann[1]) hat gelegentlich die Zusammenstellung der in dem genannten Werk S. 44 gegebenen Werte der Oberflächenspannung des Wassers beanstandet. Vor allem erscheint der Wert einer von Grad zu Grad rechnerisch interpolierten Tafel der Kapillarkonstante und der Oberflächenspannung für wissenschaftliche Zwecke fraglich, für andere Zwecke ist die Angabe für die erstere Konstante auf $^1/_{100000}$ des Betrages sicherlich unnötig. Wenn man sich der Mühe unterzieht die Zahlen, welche als Grundlage der Tafel benutzt wurden, einzeln aufzusuchen, so findet man, dass dieselben unter einander so bedeutend abweichen, dass das Mittelnehmen derselben bis auf die oben angegebene Genauigkeit wissenschaftlich direkt unerlaubt ist.

Dieser Mangel tritt aber auch anderswo auf; z. B. ist S. 321 eine von Grad zu Grad interpolierte Zusammenstellung der spezifischen Wärme des Quecksilbers zu finden. Die Werte sind mit 6 Ziffern gegeben, erwecken also den Anschein, dass sie höchstens Fehler von einigen Hunderttausendsteln enthalten. Dabei sind die grundlegenden Messungen von Winkelmann[1]) von diesem selbst nur mit 4 Ziffern gegeben und weisen gegenüber den Zahlen von Petterson[2]) eine Abweichung von einer Einheit der dritten Stelle auf und dieser schätzt die Genauigkeit seiner Angaben auf 0,6 bis 0,2 %. Milthaler, dessen Bestimmungen des Temperaturkoeffizienten der spezifischen Wärme zur Aufstellung der Tabelle unter Zugrundelegung des Pettersonschen Wertes bei 0° für die höheren Temperaturen benutzt wurden, sagt ausdrücklich: „die Bestimmung der spezifischen Wärme ist in der vorliegenden Arbeit auf 1 % genau.“[3]) Ebenso ist der von Naccari in seiner Arbeit gegebene Wert für 17°, auf welchem die anderen Zahlen aufgebaut sind, mit 5 Stellen gegeben; es berechtigt also nichts die Zahlen mit der so übertriebenen Genauigkeit von 6 Stellen anzuführen und zwar um so weniger, als die Werte des letzteren sogar von 226° an bis 250 extrapoliert sind.

An anderer Stelle wurden die betreffenden ausserordentlichen Genauigkeiten den Autoren entnommen, obwohl ein genaueres Eingehen auf die Arbeiten derselben zur Erkenntnis hätte führen müssen, dass derartige Angaben mit unseren modernen Anschauungen über „Stellenkritik“ im Widerspruch stehen. So sind allerdings die Karsten[4]) entnommenen Temperaturen des Dichtemaximums bei Salzlösungen im Original wirklich mit 3, 4, ja 5 Stellen hinter dem Komma angegeben, allein unmittelbar daneben ist der Grund ersichtlich. Die Beobachtungen, welche 0,°2 bis 1,6°(!) von einander abweichen, sind nach der Reaumurskala gemacht und dann die Mittel hieraus auf Grade der hundertteiligen Skala umgerechnet.

Seite 288 findet sich die absolute und spezifische Zähigkeit des Wassers bei verschiedenen Temperaturen. Es sind Mittelwerte nach 14 Autoren und nach Arbeiten, die sich auf die Zeit von 1842 bis 1890 verteilen, ohne irgend welche Angabe darüber, ob die betreffenden Zahlen alle mit gleichem Gewicht eingesetzt wurden, und doch muss man annehmen, dass einzelne derselben ein höheres Gewicht als die andern verdienen. Ausserdem muss es befremden, dass die absolute Zähigkeit mit 5 bezw. 4 Ziffern gegeben wird, während man sich bei der spezifischen mit 3 Ziffern begnügte.

1) P. Volkmann, Wied. Ann. **56**, 460, 1895.

1) Winkelmann, Pogg. Ann. **159**, 152, 1876.
2) Petterson & Hedelius, Journ. f. pr. Ch. (2), **24**, 135, 1881.
3) Milthaler, Wied. Ann. **36**, 908, 1889.
4) Karsten, Archiv f. Mineral. **20**, 3, 1846.

Besonders übertrieben erscheint die Angabe der Stellen in der Tabelle der kubischen Ausdehnung verschiedener organischer Flüssigkeiten S. 108. Man findet dort einen mittleren kubischen Ausdehnungskoeffizienten für 0 bis 100°. Derselbe ist meistens mit 6 Ziffern angegeben, es müsste mithin das Temperaturintervall auf einige tausendstel Grad richtig gemessen sein, eine Forderung, die, falls nicht genau bei 0 und 100° beobachtet wurde, schon an der Verschiedenartigkeit der Thermometerskalen scheitern muss, da die Messungen oft aus einer Zeit stammen, wo man derartige Fehlerquellen nicht kannte. Abgesehen davon dürfte es unberechtigt sein, falls die Messungen nur teilweise in das Intervall 0—100 fallen, einen derartigen Koeffizienten überhaupt zu berechnen und doch ist es geschehen, z. B. bei Äther aus dem Intervall — 15 bis + 38, Methylbromid — 35 bis + 38, Äthylchlorid — 32 bis + 26 u. a.[1]) Geht man auf die betreffenden Originalarbeiten ein, so findet man allerdings bei Pierre in dessen zahlreichen Arbeiten die Volumina mit 9 bis 11 Dezimalen, die berechneten Koeffizienten mit 13, 10 bezw. 7 Ziffern und die Ausdehnungskoeffizienten mit 7 Zahlen, obwohl die Temperaturen nur auf $^1/_{100}$° angegeben sind! Allein Jolly[2]) hatte bereits 1864 darauf aufmerksam gemacht, dass schon bei Wasser die Angaben Pierres von denen Kopps um 9 Einheiten der 4. Dezimale abwichen und damit die Genauigkeit dieser älteren Messungen gewürdigt. Aber auch die Zahlen von Autoren, welche kritischer gegen sich selbst waren, sind in den Tabellen mit 6 Stellen im mittleren Ausdehnungskoeffizienten aufgeführt. So giebt Kopp[1]) die Volumina des Äthers mit 5 Stellen nach dem Komma an und trotzdem finden wir den Ausdehnungskoeffizienten auch hier mit 6 Ziffern! Zander[2]) giebt sogar für Amylalkohol die Volumina nur mit 4 Stellen und erfährt trotzdem die gleiche Behandlung, obwohl er bez. der Temperaturbestimmung die Bemerkung macht, dass die $^1/_{10}$° mit einiger Übung genau abgelesen werden konnten, mithin die Temperatur nur mässig genau gemessen war. —

Es würde den Absichten des Verfassers völlig widersprechen, wollte man aus diesen Darlegungen einen Angriff auf das allerorts so geschätzte Tabellenwerk entnehmen; er wollte in denselben nur zeigen, nach welcher Richtung eine Änderung bei einer Neubearbeitung der Tabellen etwa eintreten könnte. Es schien ihm dies um so eher angebracht, als die Besprechungen, welche dieselben bei ihrem Erscheinen erfuhren, naturgemäss nicht auf Mängel eingehen konnten, die sich erst im Laufe der Zeit bei der täglichen Benutzung herauszustellen vermögen.

1) Die besonders auffällige Angabe bei Nitrobenzol + 144 bis 164 beruht auf einem Druckfehler, da das Intervall richtig 14,04 bis 164° heissen muss. Siehe Kopp, Lieb. Ann. **98**, 367, 1856.
2) Jolly, Sitzber. München, 1864, I, 161.

1) Kopp, Pogg. Ann. **72**, 1 und 230, 1847.
2) Zander, Lieb. Ann. **224**, 56, 1884.

Darmstadt, Physikalisches Institut der Techn. Hochschule.

(Eingegangen 7. August 1901.

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Photographie.[1])

II.[2])

Von Eugen Englisch.

Im folgenden soll über neuere Arbeiten referiert werden, welche das Schwärzungsgesetz bei photographischen Schichten und die Sensitometrie betreffen. Es handelt sich im Wesentlichen um Untersuchungen an Bromsilbergelatine; die Resultate sind aber ohne weiteres auf Chlorsilbergelatine, sowie auf Emulsionen mit andern Bindemitteln übertragbar.

Die durch das Licht bewirkte Veränderung der Bromsilbergelatine ist bekanntlich nicht direkt sichtbar; man muss vielmehr aus der bei der nachfolgenden Behandlung — Entwicklung — entstandenen Veränderung auf die Lichtwirkung schliessen. Dabei wird regelmässig nicht die Silbermenge der Flächeneinheit der Schicht analytisch bestimmt, sondern man benutzt die bequemere photometrische Methode. Das ist zulässig, denn wie Eder[1]) gezeigt hat, entspricht derselben Lichtabsorption durch die Schicht dieselbe Silbermenge, einerlei durch welches Entwickelungsverfahren die Schwärzung hervorgerufen wurde. Bezeichnet man als „Dichte" D einer photographischen Schicht den Logarithmus des Intensitätsverhältnisses von aufgefallenem Licht zu durch-

1) Vergl. die ausführliche Darstellung in des Referenten Habilitationsschrift: Das Schwärzungsgesetz für Bromsilbergelatine. Halle a. S. W. Knapp. 1901.
2) I. Siehe diese Zeitschr. **2**, 536, 1901.

1) Eder, Phot. Corr. **1900**, 304. D = 1 entsprach 0,0109 g Ag bei Eisenoxalat, 0,0110 g ctg bei organischer Entwicklung auf 100 cm² Fläche.

gehendem (Hurter und Driffield)[1]), so steht ersichtlich D in enger Beziehung zum „Extinktionskoeffizienten" Bunsens und Roscoes, und wird proportional der niedergeschlagenen Silbermenge.

Von gleichen „Entwicklungsschwärzungen"[2]) darf auf gleiche „latente Schwärzungen"[2]), d. h. auf gleiche durch das Licht selbst bewirkte Veränderungen nur dann geschlossen werden, wenn bei Anwendung von Entwicklern von verschiedener Reduktionsgeschwindigkeit und reduzierender Kraft dieselbe Schicht stets gleiche Dichte für Belichtungsverhältnisse aufweist, welche einmal gleiche Schwärzung ergeben haben. Denn es wäre wohl denkbar, dass verschiedenen Intensitäten des wirkenden Lichtes verschiedenartige Veränderungen der Emulsion entsprächen (s. u.) und die Gleichheit der Schwärzung nur zufällig wäre. Auch darf der Einfluss des Bindemittels — der Gelatine — nicht unterschätzt werden; abgesehen von ihrer Einwirkung auf das Bromsilber hängt die Diffusion des Entwicklers und seiner Oxydationsprodukte, welche die Entwicklung verzögern, von der Gelatine ab, und allein hierdurch können vielleicht Gesetzmässigkeiten verdeckt werden, die bei der Lichtwirkung selbst vorhanden sein könnten.

Wenn es sich darum handelt, zu ermitteln, welche Belichtungsverhältnisse gleiche Schwärzungen geben, wird man alle Versuchsplatten gleichzeitig entwickeln, fixieren, waschen und trocknen. Mit der Dauer der Entwicklung nimmt die Dichte zu, mit der Dauer des Fixierens und Waschens, wenigstens von einer gewissen Zeit an, nimmt sie ab. Rasch getrocknete Platten sind der veränderten Lagerung der Körner wegen dichter[3]). Der „Nachreifung" wegen, welche die Empfindlichkeit der Emulsionen auf das Dreifache bringen kann[4]) und oft zur Selbstzersetzung der Schicht führt, muss dieselbe Emulsion schnell verbraucht werden; Versuchsreihen mit derselben Platte, die zeitlich weit auseinander liegen, sind wertlos.

Die theoretisch und praktisch wichtigste Frage ist die nach der Giltigkeit des Bunsen-Roscoeschen Gesetzes. Es scheint sicher, dass nur unter ganz besondern Bedingungen, wie sie Miethe[5]) und Schellen[6]) zufällig hatten, das Gesetz in beschränktem Bezirke gilt; allgemein entsprechen nach Schwarzschild (l. c.) gleichen Werten $i t^p$, wo i die Lichtintensität, t die Belichtungsdauer, p eine experimentell zu bestimmende Konstante bedeutet, gleiche Schwärzungen. p erwies sich aber als nicht ganz konstant, was auf eine veränderte Empfindlichkeit der Schicht für verschiedene Belichtungen hinweist; wirklich ergeben auch die intermittierenden Belichtungen verschiedene Wirkung, wenn die Schicht einmal durch Licht verändert ist. Es ist eben zu berücksichtigen, dass später einwirkendes Licht auf veränderte Teilchen wirken muss und einer, wenn auch wenig veränderten Absorption unterliegt; will man in der Veränderung des *Ag Br* einen chemischen Vorgang sehen, so muss ferner das abgespaltene, vermutlich an die Gelatine gebundene *Br* einen hemmenden Einfluss ausüben.

Trägt man die verschiedenen Belichtungen entsprechenden Dichten bei gleichdauernder und gleichartiger Entwicklung u. s. w. für dieselbe Schichte als Ordinaten in ein System mit den Logarithmen der Expositionen *(i t)* als Abscissen ein, so erhält man die „charakteristische Kurve" Hurter und Driffields. Diese Kurve ist anfangs konvex gegen die Abscissenaxe, — Gebiet der Unterexposition, das für gewöhnliche Platten zwischen 0,1 und 1—3 *HMS* liegt,[1]) dann folgt ein gerades Stück — der Normalexposition entsprechend, die sich auf etwa 20 *HMS* erstreckt; die Zunahme der Dichtigkeit ist proportional der Zunahme des Logarithmus der zugeführten Lichtenergie. Nur dieses Stück ist zur naturähnlichen Wiedergabe der Kontraste geeignet; die Dichtigkeitsunterschiede bestimmter Expositionen ergeben die Gradation. Diese ist übrigens entgegen der früheren Behauptung von Hurter und Driffield von der Entwicklung abhängig, ebenso wie der Schnitt des geraden Kurvenstücks mit der Axe[2]), der früher als Mass für die Empfindlichkeit der Emulsion angesehen wurde.

Die charakteristische, oder besser die „Schwärzungs-"Kurve[3]) kann durch nachfolgende Verstärkung oder Abschwächung geändert werden; sowohl Vermehrung als Verminderung der Kontraste ist möglich[4]). Die Variabilität der Kurve durch die Entwicklung allein wird höchst wahrscheinlich durch den oben skizzierten Einfluss des Bindemittels auf die Diffusion des Entwicklers wesentlich beeinflusst; aus Schwarzschilds Formel würde die Gradation unabhängig von der Expositionszeit werden.

Bereits Miethe (l. c.) erkannte, dass rotes Licht bei Vergrösserung der Belichtungszeit

1) Hurter u. Driffield, Phot. Journal **1890**, 217.
2) K. Schwarzschild, Photogr. Photometrie d. Gestirne. Publ. Kuffnersche Sternwarte V. Wien **1900**, 6.
3) Vergl. Precht u. Amberg, Archiv wiss. Phot. **II**, 109, 1900.
4) Wolf, Eder Jahrb. 1892.
5) Miethe, Dissert. Göttingen 1889.
6) Schellen, Dissert. Rostock 1898.

1) Eder, Sitzber. Wiener Akad. Bd. 108, IIa, 1899 u. Phot. Corr. **1900**, 241, 304, 364, 441, 497, 577, 628, 668, 736; Referat diese Ztschr. **I**, 534, 1900.
1) Eder, l. c., Simon, Eder Jahrb. **1897**, 38.
2) Eder l. c.
3) Schwarzschild l. c.
4) Eder l. c.

verhältnismässig weniger wirke als blaues. Für rotes Licht fanden Precht und Heilbronner[1]), dass nicht nur kleineren Intensitäten, sondern dass dabei kürzeren Belichtungszeiten auch unverhältnismässig kleinere Wirkungen entsprachen. Nach Precht[2]) bringt die Verkleinerung der Intensitäten roten und blauen Lichts nicht proportional kleinere Wirkung hervor, sondern rot wirkt dann weniger als blau, was dem Purkinje Phänomen beim Auge entspricht[2]). Dementsprechend giebt Eder[3]) an, dass die Schwärzungskurven für Licht verschiedener Wellenlänge verschieden ausfallen; die Schicht gelangt schneller aus dem Gebiet der Unterexposition in die Normalexposition bei Einwirkung von Licht, dessen Wellenlänge mit der des Lichts der grössten Wirksamkeit übereinstimmt, als bei grösserer Verschiedenheit beider Lichtarten. Aus all diesen Verhältnissen schliesst endlich Luther[4]), dass die veränderte Menge Bromsilber bei Licht verschiedener Wellenlänge durch verschiedene Funktionen und nicht durch dieselbe Funktion mit verschiedenem Proportionalitätsfaktor angegeben werden müsse. Für die photographische Photometrie der Gestirne ist wichtig, dass die Unsicherheit der Grössenbestimmung nur einige hundertstel Grössenklassen beträgt, wenn die „relative Aktivität", d. i. der Quotient der Verhältnisse der photographischen und optischen Helligkeiten zweier Sterne sich um das Drei- bis Vierfache unterscheidet, und Intensität oder Exposition vom Einfachen auf das Zehnfache varriiert werden (Schwarzschild[5]).

Die Frage nach dem Vorhandensein photochemischer Induktion bei Bromsilbergelatine ist neuerdings definitiv bejahend beantwortet worden, selbst für den Fall, dass die Schicht bereits eine Veränderung erlitten hatte[6]). Ref. und Schwarzschild (l. c.) haben Abneys[7]) Angaben, dass intermittierende Belichtungen einen kleinern Effekt geben als gleich lange kontinuierliche, bestätigt. Die Wirkung ist um so kleiner, je kürzer die Einzelbelichtung und je länger die Pause ist; sie nimmt ab mit der Intensität des wirkenden Lichtes, erweist sich aber merkwürdiger Weise, allerdings innerhalb der beträchtlichen Fehlerquellen, unabhängig von der Wellenlänge derselben[8]). Werden bei verschiedenen Einzelbelichtungen dieselben Energiemengen zugeführt, so entspricht der grössern Intensität bei entsprechend kurzer Einwirkung der grössere Effekt[1]). Die Veränderungen, welche das Licht hervorbringt, zerfallen in dauernde und solche, welche die weitere Lichteinwirkung begünstigen, aber abklingen. Für den Verlauf des Abklingens konnten Kurven ermittelt werden, welche denen ähneln, die Bunsen und Roscoe[2]) für Chlorknallgas feststellten.

In dem an die Normalexpositionen anschliessenden Solarisationsgebiete, das sich in der Schwärzungskurve als konkaves Stück und absteigenden Ast darstellt, liegen die Verhältnisse viel verwickelter. Je nach der Art der Entwicklung lässt sich hier fast alles beliebig gestalten; bei langer Lichteinwirkung entsteht ein Positiv. Luther[3]) sieht die Solarisation als Gerbung der Gelatine durch freigewordenes Brom an; für Trockenplatten ist diese Hypothese vollständig ausreichend, trotz der Einwände Lüppo-Cramers[4]), welcher für solarisierte und nicht solarisierte Schichten denselben Schmelzpunkt findet. Jedenfalls ist das solarisierte Bild direkt sichtbar; es hat andere Oberflächenbeschaffenheit (Hauchbild) und veränderte Durchlässigkeit für Flüssigkeiten (Einfärben); es löst sich deshalb schwerer in Natriumthiosulfat, und kann nach teilweiser Fixierung bei nachfolgender Entwicklung als normales Negativ gerufen werden[5]).

In dem Grenzgebiet zwischen normaler Exposition und Solarisation liefern die intermittierenden Belichtungen grössere Wirkung als die kontinuierlichen; dann wird die Wirkung beider gleich und endlich die der intermittierenden wieder kleiner. Für dieses von Englisch[6]) gefundene Verhalten, scheint es keine andere Erklärung zu geben, als die der Übereinanderlagerung zweier verschiedener Vorgänge, sei es nun, dass die normale Veränderung des Bromsilbers ein physikalischer Vorgang, die Solarisation aber eine Reduktion sei; sei es, dass von Anfang an eine Reduktion stattfinde und bei der Solarisation des Brom eine stärkere Gerbung hervorrufen muss oder sei es endlich, dass die Solarisation in einem Oxydationsvorgang bestehe. Beide Vorgänge müssen für sich bei der intermittierenden Belichtung weniger Veränderung hervorrufen als bei der kontinuier-

1) Precht, Archiv wiss. Phot. I, 187, 1899.
2) Precht, ebd. I, 277, 1899.
3) Eder l. c.
4) Luther, Ref. in Ztschr. phys. Chem. 33, 1900.
5) Schwarzschild, Sitzber. Wiener Akad. Bd. 109, IIa, 1900, 1127.
6) Englisch, Habilitationsschrift. Archiv wiss. Phot. I, 117, 1899.
7) Abney, Eder Jahrb. 1894, 374.
8) Englisch l. c., Archiv wiss. Phot. II, 280, 1901; diese Ztschr. II, 62, 1900.

1) Englisch, l. c., Archiv wiss. Phot. I, 117, 1899.
2) Derselbe l. c., Archiv wiss. Phot. II, 131, 1900; diese Ztschr. I, 47, 1899. — Bunsen u. Roscoe, Pogg. Ann. 100, 481—516, 1857. Ostwalds Klassiker, 34, 65.
3) Luther, Chem. Vorgänge in der Phot., Halle, Knapp, 1899.
4) Lüppo-Cramer, Phot.-Corr. 1901, 384.
5) Englisch, Archiv wiss. Phot. II, 229, 1900; diese Ztschr. II, 62, 1900.
6) Englisch, Habilitationsschrift. — Archiv wiss. Phot. II, 243, 1901.

lichen; die normale Veränderung wirkt aber im Sinne einer Dichtezunahme, die solarisierende in entgegengesetztem. Von dem Grade der Wirkung beider muss der Schlusseffekt abhängen.

Wie kleine, so geben auch sehr grosse Intensitäten Abweichungen vom Bunsen-Roscoeschen Gesetz. Da bei den intermittierenden Belichtungen im Grenzgebiet zwischen normaler Exposition und Solarisation (erster neutraler Zustand Janssens) die Wirkung um so kleiner ist, je grösser die Intensität des Lichts, scheint es nicht unmöglich, dass die verhältnismässig kleinere Wirkung grosser Intensitäten auf beginnende Solarisation zurückzuführen ist.

Für die „schwarzen Blitze" Woods[1]), bei denen die Seitenäste im Positiv schwarz, also solarisiert, der Hauptast aber hell, also normal auftritt, reicht die Solarisation zur Erklärung nicht aus, wenn nicht schon eine zweite Umkehrung des Hauptstrahls angenommen werden soll. Die zweite Umkehrung ist zwar von Janssen in Meudon bei sehr bedeutenden Belichtungen (10^5 der normalen) beobachtet worden, sie ist im vorliegenden Fall des (nach dem ersten Beobachter genannten) Clayden-Effekts also unwahrscheinlich; ebenso unwahrscheinlich ist aber auch die durch keine andere Beobachtung gestützte Hypothese, das Bromsilber komme bei kurzer Belichtung zuerst in den Zustand grosser Unempfindlichkeit[2]). Immerhin scheinen sehr kurzen Belichtungen einerseits wie sehr grossen Intensitäten andererseits besondere Veränderungen zu entsprechen, welche sich in beiden Fällen als solarisationsähnlich bezeichnen lassen (kritische Belichtungszeiten und Intensitäten?).

Seit langem hat man die unvermeidliche Solarisation bei Sonnenaufnahmen zu Photographie der Corona zu benutzen versucht, und in sehr starker Überbelichtung fand man ein Mittel zur Herstellung von Duplikatnegativen. Normal belichtete Schichten als Positive zu entwickeln gelang jedoch Nipher[3]); seine Methode reduziert nicht nur die Exposition, sondern soll auch bei jeder Belichtung ein gutes Bild liefern. Nipher entwickelt die Platte bei hellem Licht, das das Negativ durch Solarisation in ein Positiv umkehrt. War die Exposition kurz, muss beim Entwickeln intensiveres Licht auf die Platte fallen, als bei langer Exposition; die Intensität der Nachbelichtung darf einen gewissen Wert nicht unterschreiten. Das steht im Einklang mit dem oben Dargestellten; dass Hydrochinonentwickler verwendet werden muss,

1) Wood, Nature **61**, 104, 1899.
2) Leonhard Weber, Camera Obscura **II**, 513, 1901.
3) Francis E. Nipher, Trans. Acad. of science of St. Louis, **X**, No. 6 u. 9; **XI**, No. 4.

hat vielleicht seinen Grund darin, dass dieser langsam und hart arbeitende Entwickler die Entstehung klarer Solarisationsbilder an sich begünstigt, wohl aber auch darin, dass Hydrochinonentwickler der einzige zu sein scheint, welcher die Empfindlichkeit der Schicht fast gar nicht herabsetzt[1]). Howard W. Du Bois[2]) empfiehlt für das Niphersche Verfahren die nach Abney die Solarisation begünstigende Anwendung oxydierender Substanzen.

Bei den bisherigen Betrachtungen war für jede Versuchsreihe stets ein und dasselbe Plattenmaterial zu Grunde gelegt worden. Die Dichte hängt aber unter sonst gleichen Umständen von der Dicke der Schicht und bei verschiedenen Emulsionen von deren Empfindlichkeit ab. Die Dicke der Schicht bestimmt neben der Zahl und Grösse der in der Volumeinheit enthaltenen Silberkörner die Lichtabsorption. Nach Abneys und Gaedickes[3]) allerdings nicht ganz genauen Versuchen absorbieren die gewöhnlichen Bromsilbergelatineschichten von 0,02 bis 0,04 mm Dicke nur 66% des aufgefallenen Lichts; der durchgehende Rest wird für die photochemische Wirkung verloren und bringt häufig nach totaler Reflexion an der Rückseite des Glases der Platte jene Überstrahlungserscheinungen (Irradiation!) hervor, die noch nicht vollkommen beseitigt werden konnten. Die Herstellung dickerer Platten in einem Guss begegnet wegen des langsamen Trocknens und der damit verbundenen „Nachreifung" und weil die gröbern Körner sich zu Boden setzen, die Schicht also ungleiche Empfindlichkeit erhält, technischen Schwierigkeiten[4]).

Die Messung der Empfindlichkeit ist Aufgabe der Sensitometrie. Das alte Warnerkesche Sensitometer, das auf dem Absorptionsprinzip beruhte, ist allgemein durch Scheiners[5]) Universalsensitometer ersetzt worden, bei dem das Licht einer Benzinlampe durch passende Ausschnitte einer rotierenden Scheibe auf die photographische Schicht fällt. Man erhält eine Dichteskala, die vorteilhaft etwa im Hartmannschen[6]) oder Martensschen[7]) Photometer gemessen werden kann.

Für praktische Zwecke wird die Schicht auf weisses Papier mit Bleistiftlinien gedrückt und ermittelt, welchem Ausschnitt (Grad) der rotierenden Scheibe eben noch eine sichtbare Schwärzung entspricht. Dieses Verfahren ist

1) Lüppo-Cramer, Phot. Corr. August 1901.
2) Howard Du Bois, Journal Phot. Soc. of Philadelphia, April 1901.
3) Abney, British Journal **1899**, 664; auch Eders Jahrb. **1900**, 302; Gaedicke, ebda. 5.
4) Cadett, ebda.
5) Scheiner, Ztschrft. Instrumentenkunde, Juni 1894.
6) Hartmann, Ztschrft. Instrumentenkunde, **1899**, 97.
7) Martens, Archives sc. physiques, **IV**, 11, 1901.

wenig genau, und Fehler von 1—2° leicht möglich. Dass die Belichtung intermittierend geschieht, ist ein Nachteil des Apparates; aber auch eine durch die Wirkung verschiedener Intensitäten hergestellte Skale müsste wegen der Abweichungen vom Bunsen-Roscoeschen Gesetz Fehler ergeben[1]).

Da das Licht der Benzinlampe mit dem der Hefnerlampe in seiner spektralen Zusammensetzung nicht genau übereinstimmt, muss für Messungen die Hefnerlampe eintreten[2]).

Die Sensitometrie farbenempfindlicher Platten ist nur auf spektrophotographischem Wege möglich; für die Praxis hat Eder[3]) hier die Benutzung des Scheiner-Sensitometers unter genaue Anwendung von Lichtfiltern befürwortet.

Es ist gewiss wichtig Anhaltspunkte für die Plattenempfindlichkeit zu haben, aber man darf die sensitometrische Bestimmung nicht überschätzen. Jedenfalls ist die Messung kurze Zeit vor der Benutzung der Platte durchzuführen, da die Empfindlichkeit nicht konstant ist (s. o.). Sind starke Kontraste vorhanden, so kann die sensitometrische Methode wegen der Ungiltigkeit des Bunsen-Roscoeschen Gesetzes nur wenig vergleichbare Resultate liefern; wird endlich die Entwicklung bei der Empfindlichkeitsmessung und der praktischen Anwendung in verschiedener Weise durchgeführt, so sind hierdurch bedeutende Abweichungen möglich.

Nach Schellen (l. c.) darf Eisenoxalatentwickler bei 18° nicht länger als 110 *sec* einwirken ohne Schleier hervorzurufen; nach Eder (l. c.) soll allerdings für praktische Zwecke ein Schleier von der Dichte $D = 0{,}2$ nicht stören.

Da die Platte nachreift und der Fabrikant durch Vorbelichtung die Schwelle beliebig verlegen kann, ist die Angabe des „Schwellenwerts" d. h. derjenigen Lichtmenge, welche eben noch einen entwickelbaren Eindruck hervorbringt, als Mass für die Empfindlichkeit wenig wertvoll; es ist auch nicht sicher, ob alle Entwickler des Handels denselben Wert ergeben[4]). Um einigermassen zu orientieren, müssten die Dichten für alle Scheinergrade und möglichst auch die Schwarzschildsche Konstante angegeben werden. Neuerdings hat sich auch Abney[5]) in sehr kritischer Weise über die Sensitometrie ausgesprochen; auch er weist darauf hin, dass die künstliche Lichtquelle keinen Schluss auf die Wirkung des Tageslichts zulasse, und dass die „Empfindlichkeit" sich mit der Methode, nach der exponiert wird, mit der Farbe und Intensität und endlich auch mit der Temperatur des Entwicklers sich ändere. Die Veränderung der Bromsilbergelatine selbst ist freilich nach Schellen (l. c.) in weiten Grenzen von der Temperatur unabhängig; etwaige Nachbelichtung durch rotes Dunkelkammerlicht ist nach der Benetzung der Schicht mit dem Entwickler weniger schädlich als gewöhnlich angenommen wird, da die Empfindlichkeit dadurch wesentlich herabgesetzt wird[1]).

1) Eder, l. c.
2) Eder, l. c., Precht, Archiv wiss. Phot. II, 169, 170, 1900; Schwarzschild, Wiener Akad. 109, IIa, 1900.
3) Eder, l. c., Phot. Corr. 1899.
4) Kontroverse Eder-Precht, Phot. Corr. 1900 u. Archiv wiss. Phot. II, 1900/1901.
5) Abney, Photography 1901, 203.

1) Lüppo-Cramer, Phot. Corr., August 1901.

(Eingegangen 28. Juli 1901.)

73. Naturforscherversammlung zu Hamburg

(22. bis 28. September 1901.)

Programm der wissenschaftlichen Verhandlungen.

I. Allgemeine Versammlungen

im grossen Saale des Konzerthauses Hamburg.

Montag, den 23. September, morgens 8 Uhr.

E. Lecher (Prag): Über die Hertzsche Entdeckung elektrischer Wellen und deren weitere Ausgestaltung.
F. Hofmeister (Strassburg): Der chemische Hausrat der Zelle.
Th. Boveri (Würzburg): Das Problem der Befruchtung.

Freitag, den 27. September, morgens 10 Uhr.

H. Curschmann (Leipzig): Medizin und Seeverkehr.
W. Nernst (Göttingen): Über die Bedeutung elektrischer Methoden und Theorien für die Chemie.
J. Reinke (Kiel): Über die in den Organismen wirksamen Naturkräfte.

II. Gesamt-Sitzung beider Hauptgruppen

im grossen Saale des Konzerthauses Hamburg.

Mittwoch, den 25. September, morgens 10 Uhr.

Verhandlungsthema: Die neuere Entwickelung der Atomistik (Ionen, Gas-Ionen und Elektronen).

Referenten:
W. Kaufmann (Göttingen): Die Entwickelung des Elektronenbegriffes.
H. Geitel (Wolfenbüttel): Über die Anwendung der Lehre von den Gas-Ionen auf die Erscheinungen der atmosphärischen Elektrizität.
Th. Paul (Tübingen): Die Bedeutung der Ionentheorie für die physiologische Chemie.
W. His jun. (Leipzig): Die Bedeutung der Ionentheorie in der klinischen Medizin.

III. Sitzungen der Hauptgruppen und der Abteilungen.

(Bildung und Eröffnung der Abteilungen, Montag, den 23. September, nachmittags 3 Uhr.)

Von den Sitzungen der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe dürfte die Leser der Physikalischen Zeitschrift interessieren

I. Gemeinschaftliche Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe

unter Vorsitz des Herrn Geheimrat Professor Dr. van't Hoff (Charlottenburg).

Donnerstag, den 26. September, morgen 10 Uhr, Saal von Hornhardts Konzertgarten.

10 Uhr: W. Ostwald (Leipzig): Über Katalysatoren.
11 Uhr: Der gegenwärtige Stand der Deszendenzlehre.

Referenten:

Hugo de Vries (Amsterdam): Die Mutationen und die Mutationsperioden bei der Entstehung der Arten.
E. Koken (Tübingen): Deszendenzlehre und Palaeontologie.
H. E. Ziegler (Jena): Der gegenwärtige Stand der Deszendenzlehre in der Zoologie.

II. Alphabetische Verzeichnisse der bis jetzt für die einzelnen Abteilungen angemeldeten Vorträge und Demonstrationen.

1. Abteilung: Mathematik, Astronomie und Geodäsie.

(Gemeinschaftlich mit der Deutschen Mathematiker-Vereinigung.)

Einführende: Prof. Dr. Schubert. Observator Dr. Schorr. Dr. Messerschmitt.
Schriftführer: Dr. Pund. Dr. Scheller. Dr. Schröder.
Sitzungslokal: Johanneum, Speersort, Hörsaal A und C.
Frühstücks- und Mittagslokal: Obere Räume der Rathaushalle, Rathausmarkt 2.

1. Eberhard (Halle): Ein Beitrag zur Theorie der Gleichungen.
2. Ebert (Kiel): Über eine Frage aus der Himmelsmechanik.
3. Engel (Leipzig): Die höheren Differentialquotienten.
4. Folie (Grivegnée): Über die Oppolzerschen Formeln der Nutation.
5. Hilbert (Göttingen): Über einige neuere mathematische Dissertationen.
6. Kowalewsky (Leipzig): Referat über die Theorien von Sophus Lie.
7. Lilienthal (Münster): Die Geometrie der Bewegung in ihrer Anwendung auf die Differentialgeometrie.
8. Marcuse (Berlin): Über die neuere Entwickelung der geographischen Ortsbestimmung.
9. Meyer (Königsberg), Klein (Göttingen), Wiechert (Göttingen): Berichterstattung über den Stand der „Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften".
10. Schilling (Göttingen): Neue kinematische Modelle zur Verzahnungstheorie und ihre Beziehung zur Theorie der Berührungstransformationen.
11. Schoute (Groningen): Über die Beweglichkeit eines Nullsystems N_{n-1} im R_n.
12. Schubert (Hamburg): Über die Konstantenzahl der n-dimensionalen Verallgemeinerung des Polyeders.
13. Stäckel (Kiel): Referat über die Entwickelung des Unterrichtsbetriebes in der angewandten Mathematik an den preussischen Universitäten.
14. Study (Greifswald): Ein neuer Zweig der Geometrie.

2. Abteilung: Physik, einschl. Instrumentenkunde und wissenschaftliche Photographie.

(Gemeinschaftlich mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.)

Einführende: Dr. Classen. Dr. Krüss. Prof. Dr. Voller.
Schriftführer: Oberlehrer Dr. Bohnert. Oberlehrer Grimsehl. Dr. Walter.
Sitzungslokal: Physikal. Staats-Laboratorium, Jungiusstrasse (Gemeinsamer Hörsaal des Laboratoriumsgebändes).
Frühstücks- und Mittagslokal: Dammthorpavillon und Zoologischer Garten.

1. Abegg (Breslau): Eine neue Methode zur direkten Bestimmung von Ionenbeweglichkeiten in wässerigen Lösungen (nach Versuchen von B. D. Steele).
2. Ahlborn (Hamburg): Über den Mechanismus des Widerstandes flüssiger Medien (mit Demonstration).
3. Archenhold (Treptow): Die Entwickelung der Fernrohr-Technik im 19. Jahrhundert (mit Lichtbildern).
4. Blochmann (Kiel): Über elektrische Strahlentelegraphie.
5. Braun (Strassburg): Über elektrische Wellentelegraphie.
6. v. Geitler (Prag): Über Kathodenstrahlen.
7. Gleichen (Berlin): Die Helligkeit und Farbe des verfinsterten Mondes.
8. Grunmach (Berlin): a) Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung von Quecksilber gegen wässerige Lösungen nach der Kapillarwellen-Methode (nach gemeinsam mit Dr. Luyken ausgeführten Versuchen). b) Über die Volumänderung des Quecksilbers beim Schmelzen und die thermische Ausdehnung des starren Quecksilbers.
9. Hesekiel (Berlin): Neuartige Photographien in natürlichen Farben.
10. Hoppe (Hamburg): Über elektrodynamische Konvektion.
11. Kahlbaum (Basel): Über destillierte Metalle.
12. Marcuse (Berlin): Ein neues photographisches Universal-Instrument zur geographischen Ortsbestimmung.
13. Mewes (Berlin): Grundlagen und Hauptresultate der Ätherschwingungstheorie in Physik und Psychophysik.
14. Möller (Braunschweig): Drehschwingung und Centralschwingung in Beziehung zu Magnetismus und Elektrizität.
15. Müller-Erzbach (Bremen): Das Messen des Dampfdruckes durch Verdunstung.
16. Neesen (Berlin): Thema vorbehalten.
17. Precht (Heidelberg): Eigenschaften der Becquerelstrahlen.
18. Ruhmer (Giessen): Über das Photographon.
19. Voller (Hamburg): Versuche über remanenten und latenten Magnetismus.
20. Wachsmuth (Rostock): Die innere Wärmeleitung in Flüssigkeiten.
21. Walter (Hamburg): a) Über die Haga und Windschen Beugungsversuche mit Röntgenstrahlen (mit Demonstrationen). b) Ein photographischer Apparat zur genaueren Analyse des Blitzes. Ferner nachträglich:
22. C. Pulfrich (Jena): Über einen für metronomische, photogrammetrische, astronomische und andere Zwecke bestimmten stereoskopischen Komparator (mit Demonstrationen).
23. O. Lummer (Charlottenburg): Planparallele Platten als Interferenzspektroskop.
24. O. Lummer: Temperaturbestimmung mit Hilfe der Strahlungsgesetze.
25. O. Lummer: Ein Photometer zur Messung der Hellig keit benachbarter Teile einer Fläche (Wolke, Mond, Sonne).
26. J. Elster (Wolfenbüttel): Radioaktive Bestandteile der Atmosphäre.
27. W. Kaufmann (Göttingen): Magnetische und elektrische Ablenkung von Becquerelstrahlen.
28. Dwelshanvers-De Ry (Lüttich): Kritische Daten.
29. Classen (Hamburg): Ein Photometer zur direkten Bestimmung der Helligkeitsverteilung in einem Raume ohne Hilfslichtquelle.
30. C. H. Wind (Groningen): Weitere Beobachtungen über Beugung von Röntgenstrahlen.

3. Abteilung: Angewandte Mathematik und Physik (Elektrotechnik und Ingenieur-Wissenschaften).

Einführende: Prof. Dr. Hoppe. Ingenieur Mecke, Direktor des Eisenwerkes vorm. Nagel & Kaemp A. G. Konsul Schlick Ingenieur.
Schriftführer: Ingenieur Kratzenstein. Oberingenieur Saiuberlich.
Sitzungslokal: Physik. Staats-Laboratorium, Jungiusstrasse.
Frühstücks- und Mittagslokal: Dammthorpavillon und Zoologischer Garten.

1. Bauch (Potsdam): Vorausbestimmung der Kurvenform einer Wechselstromspannung.
2. Benischke (Berlin): Die Schutzvorrichtungen der Starkstromtechnik gegen atmosphärische Entladungen.

3. Frahm (Hamburg): Neuere Untersuchungen im Schiff- und Schiffsmaschinenbau auf der Werft von Blohm & Voss (der Vortrag findet auf der Werft statt).
4. v. Gaisberg (Hamburg): Die Einrichtung der Hamburgischen Elektrizitätswerke, mit Besichtigung der Centrale in der Carolinenstrasse.
5. Gümbel (Hamburg): Der an den Enden festliegende transversal belastete Stab.
6. Hoppe (Hamburg): Naturforschung und Technik.
7. Kammerer (Charlottenburg): Die Erhaltung der Energie vom Standpunkte des Ingenieurs.
8. Liebenow (Berlin): Über den gegenwärtigen Stand der Akkumulatorentechnik.
9. Lorenz (Göttingen): Schwingungen rotierender Wellen.
10. Simon (Frankfurt a/M.): Tönende Flammen und Flammentelephonie.

4. Abteilung: Chemie, einschl. Elektrochemie.

Einführende: Prof. Dr. Dennstedt. Prof. Dr. Engelbrecht.
Schriftführer: Dr. Gillmeister. Dr. Göhlich. Dr. Voigtländer.
Sitzungslokal: Aula der Oberrealschule vor dem Holstenthor, event. Chemisches Staatslaboratorium, Jungiusstrasse.
Frühstücks- und Mittagslokal: Zoologischer Garten.

1. Bamberger (Zürich): 2 Vorträge, Thema vorbehalten.
2. Bechhold (Frankfurt a/M.): Über Phosphorsäureester der Albumine.
3. Cohen (Amsterdam): Thema vorbehalten.
4. Hantzsch (Würzburg): a) Über den Zustand von Elektrolyten in wässeriger Lösung. b) Über Struktur-Isomerie bei anorganischen Verbindungen.
5. Hofmann (München): Die Euxen-Erde.
6. Kehrmann (Genf): Über Salze des Phenazoxoniums und Phenazothioniums, die Stammkörper der Oxazin- und Thiazin-Farbstoffe.
7. Küster (Clausthal): a) Beiträge znr Chemie der Sulfide. b) Das elektrochemische Verhalten des Schwefels.
8. Loewenherz (Berlin): Über die Zersetzung der organischen Halogenverbindungen in alkoholischer Lösung durch Auflösen von Natrium.
9. Markwald (Berlin): Die Trennung der Amylalkohole des Fuselöls.
10. Meyer (Braunschweig): Thema vorbehalten.
11. Reff (Berlin): Über das Eisenoxyd und seine Hydrate; Bildung des Braun- und Roteisensteines.
12. Rischbieth (Hamburg): Über gasvolummetrische Schul- und Vorlesungsversuche.
13. Traube (Berlin): Über das Verhalten des Dicyans zu Methylenverbindungen.
14. Wedekind (Tübingen): Über die Produkte der Halogenwasserstoffentziehung aus Säurehalogeniden.
15. Weyl (Charlottenburg): Oxydationen mittels Ozon.
16. Wohlwill (Hamburg): Über das Zerfallen der Anode.

5. Abteilung: Angewandte Chemie, einschl. Agrikulturchemie und Nahrungsmittel-Untersuchung.

Einführende: Dr. Langfurth. Direktor Göpner.
Schriftführer: Dr. Ahrens. Dr. Zinkeisen.
Sitzungslokal: Turnhalle der Oberrealschule vor dem Holstenthor.
NB. Kombinierte Sitzungen der Abt. 4 und 5 im Lichthof der Oberrealschule.
Frühstücks- und Mittagslokal: Zoologischer Garten.

1. Ahrens (Breslau): Die Cellulose.
2. Bein (Berlin): a) Über die Feststellung von Eigelb in Nahrungs- und Genussmitteln. b) Die Beurteilung der Süd- und Süssweine, insbesondere der Ungarweine unter Berücksichtigung der neuen gesetzlichen Bestimmungen.
3. Caro (Mannheim): Thema vorbehalten.
4. Delbrück (Berlin): Die Entwickelung der Gährungstechnik in den letzten Jahren unter dem Einfluss wissenschaftlicher Forschung.
5. Dieterich (Helfenberg): Zur Analyse des Aprikosenkernöles.
6. Erdmann (Halle): Über gelbes Arsen.
7. Frank (Charlottenburg): Thema vorbehalten.
8. Jolles (Wien): a) Über Beurteilung von Futtermitteln. b) Demonstration seines Phosphometers.
9. Stoklasa (Prag): Einwirkung des Nährmediums auf die Denitrifikationsprozesse.
10. Wagner (Leipzig): Über einheitliche Titersubstanzen.

6. Abteilung: Geophysik, einschl. Meteorologie und Erdmagnetismus.

Einführende: Geheimrat Prof. Dr. von Neumayer. Prof. Dr. Köppen. Prof. Dr. van Bebber.
Schriftführer: Dr. Grossmann. Dr. Maurer.
Sitzungslokal: Seewarte.
Frühstücks- und Mittagslokal: Fährhaus am Hafenthor, Helgoländer Allee.

1. Arctowski (Brüssel): a) Über die Polarlicht-Beobachtungen der belgischen antarktischen Expedition. b) Über die wissenschaftlichen Aufgaben der Südpolarforschung.
2. Van Bebber (Hamburg): Gegenwärtiger Stand der Wettertelegraphie und der Wetterprognose.
3. Bergholtz (Bremen): Thema vorbehalten.
4. Charlier (Lund): Die astronomische Erklärung einer Eiszeit.
5. Elster und Geitel (Wolfenbüttel): Thema vorbehalten.
6. Eyre (Uslar): Wettertypen und der tägliche Prognosendienst am Observatorium Uslar, unter Vorführung von Lichtbildern.
7. Flögel (Ahrensburg): Über Variometer-Beobachtungen und eine handliche Form des Variometers.
8. Halm (Edingburgh): Über die Beziehung des Erdmagnetismus zu seismologischen Vorgängen und ihre Bedeutung für die messende und theoretische Astronomie.
9. Jensen (Hamburg): Thatsachen und Theorien auf dem Gebiete der atmosphärischen Polarisation.
10. Köppen (Hamburg): Über meteorologische Drachenaufstiege, mit Vorführung eines solchen.
11. v. Konkoly (Budapest): Die meteorologische kgl. Reichsanstalt, die kgl. Observatorien, und das Beobachtungsnetz in Ungarn, mit Projektionsbildern.
12. Krebs (Barr): Über Grundwasserverhältnisse.
13. Lecointe (Uccle): Über die magnetischen Beobachtungen in den Südpolargegenden.
14. Lüdeling (Potsdam): Thema vorbehalten.
15. Maier (Schaufling bei Deggendorf: Elektrische Zerstreuung in der freien Atmosphäre.
16. Möller (Braunschweig): Witterungsbeobachtungen in Braunschweig seit 1893.
17. v. Neumayer (Hamburg): Neuere magnetische Arbeiten in den Polarregionen.
18. Satke (Tarnopol): Über Wolken, insbesondere über Cirren.
19. Schmidt (Gotha): Aufgaben und Einrichtung eines erdmagnetischen Recheninstituts.
20. Schubert (Eberswalde): Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre.
21. Van der Stok (De Bilt): Die Beobachtung und Bearbeitung der Gezeiten-Erscheinungen an der holländischen Küste.

Tagesereignisse.

Der diesjährige internationale Kongress für Wetterschiessen findet Ende September in Lyon statt.

Auf dem vierten internationalen Kongress für angewandte Chemie im Jahre 1900 in Paris wurde der Beschluss gefasst, dass der nächste Kongress im Jahre 1902 in Berlin stattzufinden habe. Das Komité hat nunmehr beschlossen, den Kongress erst im Jahre 1903 einzuberufen, da die meisten Chemiker die zweijährigen Intervalle aus sachlichen Gründen bekämpften.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 48. 31. August 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Notiz über Energiemessungen der Röntgenstrahlen.

Von Franz Leininger.

In dieser Zeitschrift 2, 53, 1900 ist ein Auszug der Abhandlung von E. Rutherford und McKlung erschienen, in welcher über Energiemessungen von Röntgenstrahlen berichtet wird. In einer späteren Bemerkung (2, 218, 1901) von Herrn E. Dorn sind auch die anderen Beobachter auf diesem Gebiete erwähnt, welche sich mit derartigen Messungen befasst haben. Es sei mir im folgenden gestattet, über meine Versuche in gleicher Richtung zu berichten, welche ein von den erwähnten Beobachtern durchaus abweichendes Resultat lieferten. Ich hatte mir ursprünglich die Aufgabe gestellt, die Erwärmung durch Röntgenstrahlen zu einer Energiemessung derselben auszuarbeiten und die Abhängigkeit der Energie der Röntgenstrahlen von der Menge der auffallenden Kathodenstrahlen bei verschiedenen Spannungen zu beobachten. Die Lösung der ganzen Aufgabe scheiterte daran, dass es mir nicht möglich war, überhaupt die Energiemessungen der X-Strahlen auszuführen.

Anfangs benutzte ich Bolometer, bei denen je ein 3 m langer, 0,5 cm breiter und 0,002 cm dicker Platinstreifen auf dünne Glimmerfenster von $1{,}8 \times 2$ qcm Grösse aufgewickelt waren, die eine Öffnung von $1{,}5 \times 1{,}7$ qcm hatten. Die Streifen auf der Vorderseite eines Fensters überdeckten teilweise die entsprechenden auf der Rückseite, aber sie berührten sich nicht. Zwischen je zwei gewickelte Fenster wurde immer ein ungewickeltes gelegt. Es waren so im ganzen 32 gewickelte und 32 ungewickelte Fenster hintereinander. Die Strahlen hatten also 64 Schichten des Platins zu durchdringen. Wie durch Radiographien festgestellt wurde, wurden sie von den Bolometern vollständig absorbiert. Die Glimmerfenster wurden durch Messingklammern zusammengehalten, die zugleich als Zuleitungen dienten. Der Widerstand von solchen Bolometern war 2,8 Ohm. Zwei solcher Bolometer wurden möglichst gleich gemacht und bildeten je einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke und zwar Nachbarzweige. Die beiden übrigen Zweige der Brücke bestanden aus ganz gleichen Widerständen aus Manganin, welche in einem Vaselinbad standen. Induktorium und Röhre wurden in einem grossen zur Erde abgeleiteten Zinkkasten aufgestellt, der eine zuerst mit Stanniol, später mit Aluminium von 0,1 mm Dicke verklebte Öffnung besass. Der Kasten war zur Erde abgeleitet, ebenso der Bleikasten, in dem das zu bestrahlende Bolometer aufgestellt war. Durch diese letzteren Vorrichtungen konnte ich die elektrostatischen Ladungen ganz beseitigen. Die magnetischen Einwirkungen des Induktoriums reduzierte ich durch Verstellen des Induktoriums auf wenige Millimeter Skalenausschlag. Als Messinstrument wurde ein Thomsonsches Galvanometer von Gebr. Elliot in London benutzt. Dasselbe besass eine Empfindlichkeit von $1{,}3 \cdot 10^{-9}$ Amp. bei 2 m Skalenabstand. Von den beiden Bolometern wurde immer nur eines bestrahlt. Bei dieser Anordnung war absolut keine Wirkung der Röntgenstrahlen zu konstatieren; mochten nun die Strahlen auf das Bolometer fallen, oder mochten sie durch einen Bleischirm vor der Öffnung des Bleikastens abgeschnitten werden, es war kein Unterschied zu bemerken. Ich versuchte daher nach der Methode von Rutherford zu verfahren, weil sie mir die ergiebigsten Resultate zu bieten schien. Die Platinstreifen wurden je auf einen Holzrahmen von 1 qdcm gewickelt; es waren im ganzen 15 Windungen genau wie bei Rutherford (siehe Phys. Zeitschr. 2, 53, 1900). Zwei solche Bolometer wurden so identisch wie möglich hergestellt. Der Widerstand eines jeden war 2,97 Ohm. Die Platinoberfläche, die bestrahlt wurde, war 92 qcm. Zuerst wurde eine Brückenanordnung benutzt: Bolometer verhält sich zu 1 Ohm wie 2,972 Ohm zu 1000 Ohm, später jedoch wieder die alte Anordnung, bei der je zwei Brückenzweige von zwei ganz gleichen Manganinwiderständen

in Ölbad und den beiden gleichen Bolometern gebildet wurden. Diesmal wurden für den primären Strom 40,56 und 64 Volt benutzt. Als Unterbrecher funktionierte sehr gut ein Simonunterbrecher mit drei 1 mm weiten Diaphragmenöffnungen. Der Unterbrecher arbeitete stationär. Die verwendete Röhre von Gundelach mit regulierbarem Vakuum lieferte sehr intensive Röntgenstrahlen. Die beiden Bolometer waren in einem Holzkasten aufgestellt und das eine vom anderen durch einen kleineren Bleikasten getrennt, ersteres, um die Bolometer von den Schwankungen der Zimmertemperatur unabhängiger zu machen, letzteres, um nur ein Bolometer bestrahlen zu können. Röhre und Induktorium waren wie früher in dem grossen Zinkkasten aufgestellt. Als Messinstrument wurde erst das Thomsonsche Galvanometer mit einer Empfindlichkeit von $1{,}3 \cdot 10^{-9}$ Amp. und später ein Paschensches Galvanometer benutzt, welch letzteres bei Hintereinanderschalten der Rollen $1 \cdot 10^{-10}$ Amp. und bei Parallelschalten $4 \cdot 10^{-10}$ Amp. Empfindlichkeit besass. Da trotz dieser hohen Empfindlichkeit auch mit diesen Anordnungen keine Wirkung der Röntgenstrahlen konstatiert werden konnte, versuchte ich auf zwei verschiedene Methoden die Empfindlichkeit meiner Bolometer zu bestimmen.

Bei der einen Art bestand die Brückenanordnung aus drei gleichen Widerständen aus Manganin und dem Bolometer. Die Wärme wurde nach der Methode von Kurlbaum (Wied. Ann. 51, 591, 1894) durch Steigerung des Messstroms hervorgerufen. Es zeigte sich, dass einem Skalenteil Ausschlag $2{,}193 \cdot 10^{-5}$ gr. Kal. Wärmezufuhr entsprach. Als zweite Methode zur Bestimmung der Empfindlichkeit des Bolometers wurde die Erwärmung durch einen Leslieschen Würfel benutzt. Zu diesem Zwecke wurden beide Bolometer möglichst gleich berusst. Unter Zugrundelegung der Kurlbaumschen Strahlungskonstanten (Wied. Ann. 65, 746, 1898) fand sich, dass einer Zufuhr von $1{,}69 \cdot 10^{-5}$ gr. Kal. ein Skalenteil Ausschlag am Galvanometer entsprach.

Wenn wir die Resultate der bisherigen Beobachtungen über die Gesamtwärmestrahlung der Röntgenstrahlen betrachten, welche aus Wärmewirkungen der Strahlen auf Metalle unter Berücksichtigung der teilweisen Absorption der Strahlen in den Bolometern (oder Metallblättern bei Dorn) und der Absorption der Strahlen im Glase der Röhre und in den Aluminiumfenstern, welche die Strahlen zu durchdringen haben, um auf das Bolometer zu fallen, berechnet werden, so finden wir verhältnismässig gut übereinstimmende Resultate.

(Siehe untenstehende Tabelle.)

Zum Vergleich mit meinen Beobachtungen gehe ich nur auf die Resultate von Schöps und Rutherford ein, da beide ebenso wie ich die bolometrische Methode verwendeten.

Schöps beobachtet als Wärmewirkung der Röntgenstrahlen auf einer bestrahlten Bolometerfläche von 8,4 qcm.

$$2{,}9 \cdot 10^{-6} \text{ bis } 0{,}7 \cdot 10^{-6} \text{ gr. Kal.}$$

Wir finden daraus für die auf 1 qcm fallende Wärmewirkung der Strahlen.

$$\frac{2{,}9 \cdot 10^{-6}}{8{,}4} = 3{,}3 \cdot 10^{-7} \text{ gr. Kal.}$$

bis

$$\frac{0{,}7 \cdot 10^{-6}}{8{,}4} = 8{,}3 \cdot 10^{-8} \text{ gr. Kal.}$$

Rutherford beobachtete als Wirkung der Strahlen auf eine Bolometerfläche von 100 qcm.

$$1{,}4 \cdot 10^{-4} \text{ gr. Kal.}$$

Dies liefert uns als Wärmewirkung der Strahlen auf 1 qcm

$$1{,}4 \cdot 10^{-6} \text{ gr. Kal.}$$

Aus diesen Resultaten ersieht man, dass die Wirkung der Strahlen pro qcm etwas differiert, doch könnte dieser Unterschied mit der Verschiedenheit der Röntgenröhren und den verschiedenen verwendeten Energiemengen erklärt werden.

Da ich bei meinen Beobachtungen überhaupt keine Wirkung der Strahlen erzielen konnte, suchte ich nun die Empfindlichkeit der benutzten Bolometer zu vergleichen. Aus der Arbeit von Schöps war es mir unmöglich zu ersehen, wie gross die Empfindlichkeit seiner Bolometer war. Jedenfalls kann ich gegenüber seinen Beobachtungen von meiner Anordnung hervorheben, dass ich zwar dieselbe Empfindlichkeit des Galvanometers, nämlich $4 \cdot 10^{-10}$ Amp., bei ganz ähnlicher Brückenanordnung hatte, dass aber meine bestrahlte Bolometerfläche $\frac{100}{8{,}4} = 11{,}9$ mal so gross als die seinige war, also fast den 12 fachen Effekt hätte ergeben müssen, ganz abgesehen davon, dass

Gesamtresultate.

Beobachter	Wärmestrahlung der X-Strahlen	Zahl der Unterbrechungen	Strahlung auf 1 Unterbrechung reduziert
Dorn	$1{,}51 \cdot 10^{-3}$ bis $1{,}68 \cdot 10^{-3}$ gr. Kal.	5	$0{,}30 \cdot 10^{-3}$ bis $0{,}18 \cdot 10^{-3}$ gr. Kal.
Schöps	$1{,}02 \cdot 10^{-3}$ bis $0{,}8 \cdot 10^{-3}$ gr. Kal.	5–7	$0{,}24 \cdot 10^{-3}$ bis $0{,}15 \cdot 10^{-3}$ gr. Kal.
Rutherford	$11 \cdot 10^{-3}$ gr. Kal.	57	$0{,}19 \cdot 10^{-3}$ gr. Kal.

ich viel grössere Energiemengen zur Erzeugung der Strahlen verwendete.

Aus der Arbeit von Rutherford war es mir möglich, die Empfindlichkeit seiner Bolometer zu berechnen, um sie mit der meinigen zu vergleichen.

Die Empfindlichkeit meiner Bolometer ergab:

a) wenn ich ihnen durch Strom Wärme zuführte, für $2{,}19 \cdot 10^{-5}$ gr. Kal. 1 Skalenteil Ausschlag bei einer Empfindlichkeit von $1{,}3 \cdot 10^{-9}$ Amp. des Thomsonschen Galvanometers.

b) für $7{,}3 \cdot 10^{-6}$ gr. Kal. 1 Skalenteil Ausschlag bei einer Empfindlichkeit von $4 \cdot 10^{-10}$ Amp. des Paschenschen Galvanometers.

c) wenn die Wärme von einem schwarzen Körper (Leslieschen Würfel) zugestrahlt wurde für $1{,}69 \cdot 10^{-5}$ gr. Kal. einen. Skalenteil Ausschlag bei derselben Empfindlichkeit des Paschenschen Galvanometers.

Wenn ich den Wert unter b) nehme und berücksichtige, dass die betr. Wärme einer Fläche von 100 qcm zugeführt wird, so liefert die Zufuhr von $7{,}3 \cdot 10^{-8}$ gr. Kal. pro qcm einen Ausschlag von einem Skalenteil.

Rutherford hat durchschnittlich 17,9 Sktl. Ausschlag als Wirkung der Röntgenstrahlen beobachtet. Er hat für die Wärmewirkung von $7{,}8 \cdot 10^{-6}$ gr. Kal. auf seine Bolometerfläche von ca. 100 qcm einen Ausschlag von einem Skalenteil.

Also für die Wärmewirkung von $7{,}8 \cdot 10^{-8}$ gr. Kal. pro qcm einen Skalenteil Ausschlag.

Ich musste also für die Rutherfordsche Grösse der Wärmewirkung der Strahlen $\frac{1{,}4 \cdot 10^{-6}}{7{,}3 \cdot 10^{-8}} = 19{,}1$ Skalenteile Ausschlag erhalten haben.

Nachdem die genügende Empfindlichkeit der angewandten Bolometer auf zwei von einander unabhängigen Wegen kontrolliert ist, unterliegt es keinem Zweifel, dass die benutzten Röntgenröhren keine Wärmewirkungen haben, wie sie von den Herren Rutherford und Schöps angegeben werden. Da die eine der Röhren ein regulierbares Vakuum hatte und in sehr hartem und auch sehr weichem Zustande untersucht wurde, so kann das negative Ergebnis auch nicht an der Härte der Röhren liegen. Die sehr bedeutende Leistungsfähigkeit der Röhre konnte mit dem Fluoreszenzschirm beständig kontrolliert werden. Es ist mir nicht möglich gewesen, den Grund für dies von den anderen Beobachtern abweichende Ergebnis aufzufinden.

Würzburg, Physikal. Institut Juli 1901.

(Eingegangen 3. August 1901.)

Über die durch elastische Deformationen bewirkten Änderungen des Brechungsvermögens von schwerem Flintglas.

Von F. Pockels.

Bekanntlich zeigen viele Glassorten, besonders Flintgläser, die Eigentümlichkeit, dass ihr Brechungsvermögen mit der Temperatur zunimmt. Die Erklärung dieses anomalen Verhaltens hat Pulfrich[1]) in einer Steigerung der Absorption im brechbareren Teile des Spektrums gefunden, wodurch eine Zunahme der Brechungsindices bedingt wird, welche den entgegengesetzten Einfluss der Dichtigkeitsabnahme durch die thermische Ausdehnung überwiegt. Um den ersteren, reinen Temperatureinfluss isoliert beurteilen zu können, berechnete Pulfrich den Einfluss der Dichtigkeitsabnahme allein nach einer der Relationen:

$$\frac{n-1}{\varrho} = \text{Konst.}, \quad \frac{n^2-1}{\varrho} = \text{Konst.},$$
$$\frac{n^2-1}{n^2+2}\,\frac{1}{\varrho} = \text{Konst.},$$

welche für den Zusammenhang von Brechungsindex (n) und Dichte (ϱ) aufgestellt und bei flüssigen und gasförmigen Körpern mehr oder weniger bestätigt gefunden sind.

Eine direkte Prüfung dieser Beziehungen für feste Körper liegt aber bisher nicht vor, und so war also auch kein sicherer Anhalt dafür vorhanden, welcher der drei Formeln — die bei hohen Brechungsindices stark verschiedene Resultate liefern — bei der Anwendung auf die von Pulfrich untersuchten Gläser der Vorzug zu geben sei. Daher schien mir eine Bestimmung des Einflusses mechanischer Dichteänderung auf das Brechungsvermögen erwünscht, und habe ich eine solche zunächst für das stärkstbrechende der von Pulfrich untersuchten Gläser aus der Glasfabrik von Schott und Gen., das „schwerstes Silikatflint" mit der Schmelznummer *S* 57, ausgeführt. Dasselbe hat die Zusammensetzung 82 Proz. $Pb\,O$, 18 Proz. $Si\,O_2$, die Dichte 6,335 und den Brechungsindex 1,9625 für *Na*-Licht. Die für die in Rede stehende Bestimmung erforderlichen Elastizitätskonstanten sind zwar nicht für das Glas *S* 57, aber für das sehr ähnliche[2]) *S* 208 (aus 80 Proz. $Pb\,O$, 20 Proz. $Si\,O_2$, Dichte 5,944) schon durch die Untersuchungen von Winkelmann[3]) und Straubel[4]) bekannt, und da hierin auch eine Darstellung jener Konstanten als lineare Funktionen der chemischen Zusammensetzung gegeben ist, so kann man

1) Pulfrich, Wied. Ann. **45**, 609, 1892.

2) In dem Werke von H. Hovestadt: „Jenaer Glas" (Jena, 1900) sind die beiden Glassorten als identisch behandelt.

3) Winkelmann und Schott, Wied. Ann. **51**, 700, 1894; Winkelmann, Wied. Ann. **61**, 122, 1897.

4) Straubel, Wied. Ann. **68**, 369, 1899.

die Konstanten für das Glas S 57 in genügender Näherung daraus ableiten; man findet

den Elastizitätsmodul $E = 5035 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$

das Verhältnis der Querkontraktion zur Längsdilatation $\nu = 0{,}263$,

den Kompressionsmodul $C = 3540 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$.

Der kubische thermische Ausdehnungskoeffizient beträgt nach Pulfrich: $3\alpha = 280{,}4 \cdot 10^{-7}$. —

Die Beobachtungen wurden an rechtwinkligen Platten von ca. 20 mm Höhe, 7 mm Breite und 5 mm Dicke ausgeführt, welche mittels eines Hebels einem bekannten einseitigen Drucke ausgesetzt wurden. Die Messung der durch die Kompression erzeugten absoluten und relativen Verzögerungen der parallel und senkrecht zur Druckrichtung polarisierten Wellen gestattet dann die Berechnung der beiden Konstanten p und q, durch welche nach F. Neumann das optische Verhalten eines isotropen Körpers bei beliebiger elastischer Deformation dargestellt werden kann, indem man die Hauptlichtgeschwindigkeiten ω_x, ω_y, ω_z im deformierten Körper gleich linearen Funktionen der Hauptdilatationen x_x, y_y, z_z setzt, z. B.

$$\omega_x = \omega_0 + q\,x_x + p\,y_y + p\,z_z.$$

Ist die Z-Achse die Druckrichtung, so folgen hieraus unter Berücksichtigung der Querdilatation des Glasstabes für die Verzögerungen der parallel bezw. senkrecht zur Druckrichtung polarisierten Wellen die Ausdrücke[1]):

$$\delta_x = \frac{nP}{\lambda BE}\left\{\nu\left(1 - \frac{1}{n} - \frac{q}{\omega^0}\right) + (1-\nu)\frac{p}{\omega^0}\right\}$$

$$\delta_z = \frac{nP}{\lambda BE}\left\{\nu\left(1 - \frac{1}{n} - 2\frac{p}{\omega^0}\right) + \frac{q}{\omega^0}\right\},$$

wenn P der gesamte auf die Glasplatte ausgeübte Druck, B deren Breite (d. h. die Dimension senkrecht zur Beobachtungs- und zur Druckrichtung), und λ die Wellenlänge des benutzten Lichtes bedeutet.

Beobachtet wurde δ_z mit Hilfe eines Jaminschen Interferentialrefraktors, und $\delta_x - \delta_z$ mittels Babinetschen Kompensators; δ_x selbst konnte nicht direkt gemessen werden, weil die an den Aussenflächen der Glasplatten des Interferentialrefraktors reflektierten Strahlen fast vollständig in der horizontalen Einfallsebene, also senkrecht zur Druckrichtung polarisiert sind. Bei den Beobachtungen mit dem Interferentialrefraktor wurde das den Hebel belastende Gewicht Q so variiert, dass die im Beobachtungsfernrohre bei Beleuchtung mit Natriumlicht sichtbaren Interferenzstreifen sich um $^1/_2$, 1 oder $^3/_2$ Streifenbreiten verschoben, also $\delta_z = {}^1/_2$, 1 oder $^3/_2$ war. Im Mittel wurde so aus den Beobachtungen an vier Glasplatten von den Breiten: 7,10, 7,06, 7,12, 7,10 gefunden:

$$Q_1 = \frac{Q}{\delta_{z}} = 5{,}72,\ 5{,}9,\ 5{,}86,\ 5{,}89$$

bei einem Verhältnis der Hebelarme $= 1:4{,}9$. Hieraus folgt

$$1)\quad \frac{q}{\omega_0} - 2\,\nu\,\frac{p}{\omega_0} = 0{,}375 - \nu\left(1 - \frac{1}{n}\right) = 0{,}246.$$

Es sei noch bemerkt, dass bei diesen Beobachtungen in den Weg der beiden Strahlenbündel zwischen den Platten des Interferentialrefraktors stets zwei gleiche Glasparallelepipede eingeschaltet waren, die durch einen Metallrahmen zusammengehalten wurden, so dass kein Fehler durch eine etwa bei der Kompression des einen von ihnen auftretende Neigung entstehen konnte.

Die Messungen mit dem Kompensator bei zwei verschiedenen Belastungen ergaben übereinstimmend für 1 kg Belastung einen Gangunterschied von 0,0224 Wellenlängen, und zwar führte die Feststellung des Vorzeichens mittels eines gebogenen Stabes aus gewöhnlichem Glase sowie eines parallel zur Hauptachse geschnittenen Quarzkeiles zu dem überraschenden Ergebnis, dass die senkrecht zur Druckrichtung polarisierte Welle gegen die parallel derselben polarisierte verzögert wurde; somit ist:

$$2)\quad (1+\nu)\frac{p-q}{\omega_0} = \frac{\lambda BE}{nP}(\delta_x - \delta_z) = -0{,}04925$$

Das untersuchte Flintglas wird also, im Gegensatz zu allen anderen in dieser Hinsicht bisher untersuchten Glasarten, durch einseitige Kompression positiv doppelbrechend, ein Verhalten, welches bisher nur an gewissen amorphen Körpern organischen Ursprungs, wie Guttapercha, Traganth- und Kirschgummi, welche wahrscheinlich nicht homogen sind[1]), und ausserdem an Flussspat und Sylvin für bestimmte Druckrichtungen[2]) beobachtet worden ist. Das Verhältnis des Gangunterschiedes zu der linearen Kontraktion in der Druckrichtung, d. i. die Grösse $n \cdot (1+\nu)\frac{p-q}{\omega_0}$, ist von Wertheim[3]) für eine Reihe von Glasarten bestimmt worden; als grösster Wert wurde 0,218 für Crownglas von der Dichte 2,657, als kleinster 0,0875 für Faradaysches Flintglas von der Dichte 4,358 gefunden, und im allgemeinen nimmt jene Grösse mit wachsender Dichte des Glases ab. Für das von mir untersuchte Flintglas ist sie negativ, nämlich $= -0{,}0962$ und es ist also durchaus nicht unwahrscheinlich, dass sich ein Glas herstellen liesse, für welches

1) F. Pockels, Wied. Ann. **37**, 390, 1889.

1) Vergl. H. Ambronn, Sitzungsber. d. K. Ges. d. Wiss. Leipzig, math. phys. Cl. 1898.
2) F. Pockels, Wied. Ann. **37**, 386, 1889; **39**, 440, 1890.
3) Wertheim, Ann. chim. phys. (3) **40**, 202, 1854.

sie Null ist, d. h. welches durch einseitigen Druck oder Zug, und daher zufolge den Neumannschen Formeln auch durch beliebige Deformationen, überhaupt nicht doppelbrechend würde. Ich gedenke meine Versuche in dieser Richtung fortzusetzen.

Aus den Gleichungen 1 und 2 zusammen folgt:

$$\frac{p}{\omega_0} = 0{,}437, \quad \frac{q}{\omega_0} = 0{,}476,$$

welche Werte mehrmals grösser sind, als diejenigen, welche ich früher aus den richtig berechneten Beobachtungen von Neumann und Mach, sowie aus meinen eigenen, für nicht näher definiertes Spiegelglas abgeleitet habe[1]).

Hieraus findet man die Änderung des Brechungsindex mit der Dichte (bei konstanter Temperatur):

$$\frac{\partial n}{\partial \varrho} = \frac{n}{3\varrho}\left(\frac{q}{\omega^0} + \frac{2p}{\omega^0}\right) = +\underline{0{,}139.}$$

Die hypothetischen Relationen

$$\frac{n-1}{\varrho} = \text{Konst.}, \quad \frac{n^2-1}{\varrho} = \text{Konst.},$$

$$\frac{n^2-1}{n^2+2}\,\frac{1}{\varrho} = \text{Konst.}$$

ergeben für $\frac{\partial n}{\partial \varrho}$ der Reihe nach die Werte:

$$\frac{n-1}{\varrho} = 0{,}152, \quad \frac{n^2-1}{2n\varrho} = 0{,}122,$$

$$\frac{(n^2-1)(n^2+2)}{6n\varrho} = 0{,}239.$$

1) F. Pockels, Wied. Ann. **37**, 389—394, 1889.

Es entspricht also für das untersuchte Bleisilikatglas keine dieser Relationen der Wirklichkeit; die beste Annäherung giebt die Gladstone-Dalesche Formel $\frac{n-1}{\varrho}$ = Konst. die schlechteste die Lorenz-Lorentzsche $\frac{n^2-1}{n^2+2}\,\frac{1}{\varrho}$ = Konst., die hier nicht einmal als Näherungsformel brauchbar ist.

Wir wollen schliesslich noch das für $\frac{\partial n}{\partial \varrho}$ gefundene Resultat benutzen, um aus dem von Pulfrich beobachteten Temperaturkoeffizienten des Brechungsindex $\frac{dn}{dt}$ den reinen Temperatureinfluss $\frac{\partial n}{\partial t}$, welcher nach Pulfrich von der Zunahme der Absorption herrührt, auszusondern. Es ist

$$\frac{dn}{dt} = \frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial n}{\partial \varrho}\frac{\partial \varrho}{\partial t} = \frac{\partial n}{\partial t} - 3\alpha\varrho\frac{\partial n}{\partial \varrho};$$

beobachtet für *Na*-Licht:

$$\frac{dn}{dt} = +1{,}45\cdot 10^{-5}, \quad \frac{\partial n}{\partial \varrho} = +0{,}139,$$

folglich

$$\frac{\partial n}{\partial t} = (1{,}45 + 2{,}8\cdot 6{,}33\cdot 0{,}139)\cdot 10^{-5} = +\underline{3{,}93\cdot 10^{-5}}.$$

(Eingegangen 13. August 1901.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Professor Dr. **Th. Des Coudres.**

Marconis syntonische drahtlose Telegraphie.

In einem äusserst interessanten, in der Versammlung der „Society of Arts" am 15. Mai d. Js. gehaltenen Vortrage [1]) gab Marconi einen Überblick über die neuesten Fortschritte seines Systems unter besonderer Berücksichtigung der Resultate, die er in Bezug auf Abstimmung erzielte. Marconi weist zunächst darauf hin, dass mit seiner alten, bis zum Jahre 1898 benutzten, in Fig. 1 und 2 dargestellten Anordnung, bei der die Strahldrähte direkt mit dem Oszillator resp. Kohärer verbunden waren, eine befriedigende Abstimmung unmöglich war, wenn es auch gelang, eine gewisse Auswahl von Signalen durch sehr verschiedene Länge der Antennen zu erzielen.

1) Vergl. The Electrician 24. Mai 1901.

Einen wichtigen Fortschritt bildete die im Jahre 1898 eingeführte direkte Erdung des

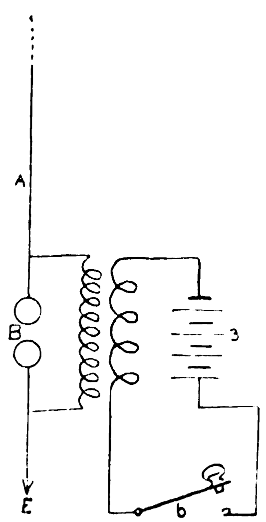


Fig. 1.

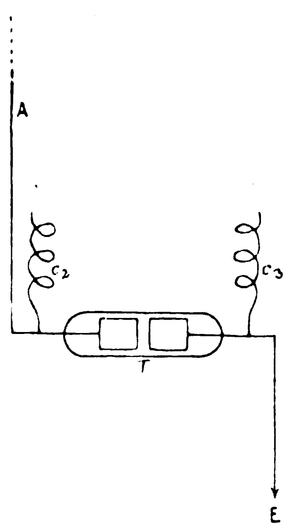


Fig. 2.

Empfangsdrahtes und die mit einem Kondensator versehene Übertragungsanordnung[1]) (vgl. Fig. 4 und 8).

Hierdurch war ein Resonator gewonnen, der am besten auf Wellen ansprach, die von einem Strahldrahte bestimmter Länge ausgingen.

Mit der alten Geberanordnung (Fig. 1) war bereits in diesem Falle eine Abstimmung möglich, wenn man Strahldrähte verschiedener Länge verwendete und der Sekundärwicklung der Oszillationstransformatoren an den Empfangsstationen eine dem entsprechenden Sendedrahte gleiche Drahtlänge giebt.[2])

Trotz der erhaltenen Resultate war doch die Lösung keine vollständige, da der bis dahin als Geber benutzte vertikale Leiter eine sehr grosse Dämpfung besitzt, so dass auch Resonatoren wesentlich verschiedener Periode auf die von demselben ausgehenden Wellen ansprechen („multiple Resonanz"). Es galt daher einen weniger gedämpften Radiator herzustellen, damit derselbe Betrag der ausgestrahlten Energie sich auf eine grosse Anzahl von schwächeren Impulsen verteile und ihre Wirkung sich nur in einem abgestimmten Radiator äussere.

Marconi machte zunächst nach dem Vorschlage von Lodge[3]) eine grosse Anzahl von Versuchen in der Weise, dass er zu den Strahldrähten Induktionsspulen hinzufügte, ohne jedoch zufriedenstellende Resultate zu erhalten.

Auch die Erhöhung der Kapazität des Ausstrahlungssystems durch eine grössere Ausdehnung der dem Einfluss der Wellen ausgesetzten Leiter ergab nur teilweise befriedigende Resultate.

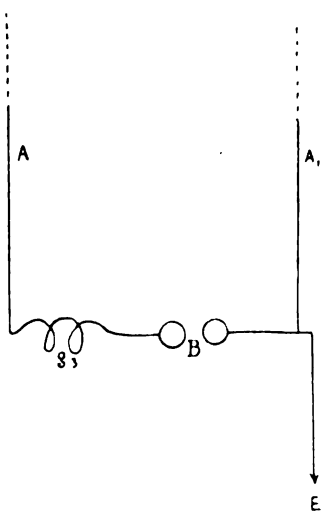


Fig. 3.

Erst bei der in Fig. 3 und 4 dargestellten Anordnung wurden günstige syntonische Resultate

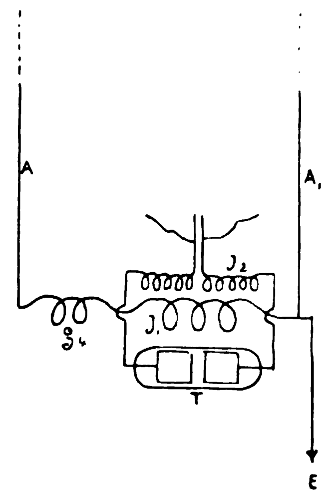


Fig. 4.

erzielt. Bei derselben ist ein gewöhnlicher vertikaler Radiator in der Nähe eines geerdeten Leiters angebracht.

Um die Kapazität des Ausstrahlungsdrahtes weiter zu erhöhen, traf Marconi im Jahre 1900 die in Fig. 5 dargestellte Anordnung, bei

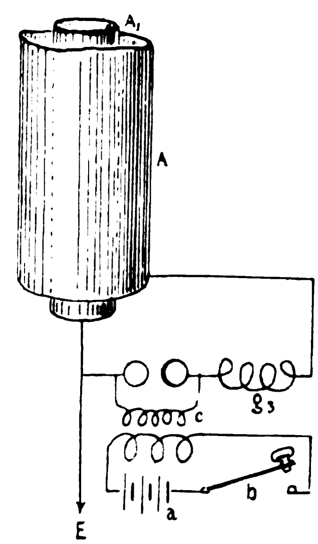


Fig. 5.

welcher die für die Ausstrahlung und Resonanz bestimmten Leiter die Form eines Cylinders haben, wobei der geerdete Leiter der innere ist.[1])

Eine unerlässliche Bedingung bei diesem System besteht darin, dass die Induktanz der beiden Leiter ungleich sein muss; Marconi benutzte einen geerdeten Leiter, welcher kürzer war als der zur Ausstrahlung resp. zum Auffangen bestimmte.

Marconi nimmt nämlich an, dass zur Ausstrahlung der Energie eine Phasendifferenz der

1) Vergl. engl. Patent Nr. 12326 (1. Juni 1898).
2) Vergl. engl. Patent Nr. 25185 (19. Dezember 1899).
3) Vergl. engl. Patent Nr. 29069 (1898).

1) Vergl. engl. Patent Nr. 5387 (21. März 1900).

Oszillationen in den beiden Leitern vorhanden sein müsse, da sich sonst ihre Wirkungen gegenseitig aufheben würden.

Bei Verwendung von 7 m hohen und 1,5 m im Durchmesser haltenden Zinkcylindern wurden bei einer Entfernung von ca 50 km sehr günstige Resultate erzielt.

Ein anderes syntonisches Sende- und Empfangs-System, welches auch sehr gute Resultate liefert, ist in Fig. 6 dargestellt. Die

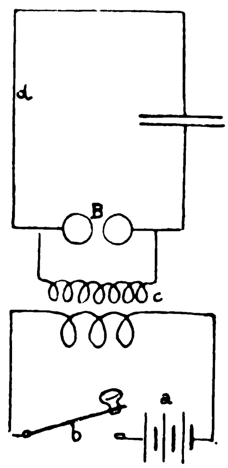


Fig. 6.

Sende-Anordnung besteht aus einem Stromkreis mit Kondensator und Funkenstrecke und bildet einen sehr andauernden Oszillator. Lodge hat gezeigt, dass es durch Anbringung eines zweiten ähnlichen Stromkreises neben dem ersten möglich ist, interessante Resonanzwirkungen zu erzeugen. (Experiment mit abgestimmten Leydener Flaschen.)

Ein solcher geschlossener Stromkreis ist jedoch ein sehr schwacher Radiator und Absorbator, so dass er zur Verwendung auf grössere Entfernungen nicht geeignet erscheint.

Stärkere Ausstrahlungswirkungen erhält man mit Tesla-Anordnungen[1]), doch ist es hierbei erforderlich, die beiden Stromkreise des Sendeapparates, — Kondensator, primäre Wicklung des Tesla-Transformators einerseits — sekundäre Wicklung des letzteren und Strahldraht andererseits, auf gleiche Schwingungsperiode zu bringen, da sonst die verschiedenen Perioden der beiden Leiter in jedem Stromkreise Oszillationen verschiedener Frequenz und Phase erzeugen, derart, dass die erzielbaren Wirkungen am abgestimmten Empfänger nur schwach sind.

Der syntonische Sender ist in Fig. 7 dargestellt.

Die Schwingungsperiode des vertikalen

1) Vergl. Lodge, engl. Patentschrift 10. Mai 1897 und F. Braun, diese Zeitschr. 2, 373, 1901.

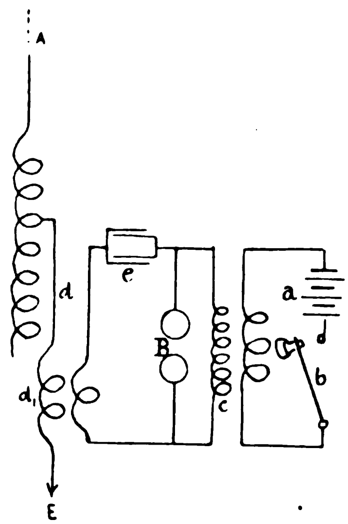


Fig. 7.

Strahldrahtes *A* kann durch Veränderung der Anzahl der eingeschalteten Windungen in weiten Grenzen reguliert werden. Der Konden-

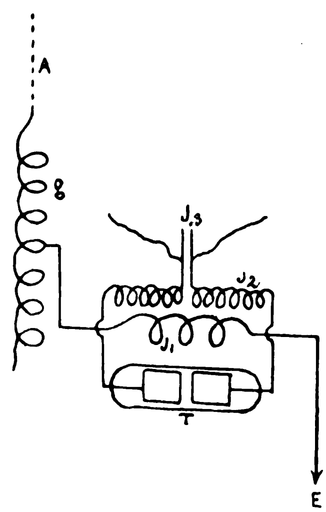


Fig. 8.

sator *e* im primären Stromkreise des Teslatransformators besitzt eine variable Kapazität.

Die Anordnung der Empfangsstation zeigt Fig. 8 und 9. Der vertikale Strahldraht ist durch die Primärwicklung eines Transformators geerdet, während dessen Sekundärwicklung mit dem Kohärer in Verbindung steht.

Um die Abstimmung zu regulieren, ist parallel zum Kohärer ein variabler Kondensator *h* (Fig. 9) eingeschaltet. Zur Erzielung möglichst günstiger Resultate werden die beiden Stromkreise des Empfängers, einerseits aus dem vertikalen Leiter, der Primärwicklung des Transformators und der Erdverbindung, andererseits aus der Sekundärwicklung und dem Kondensator

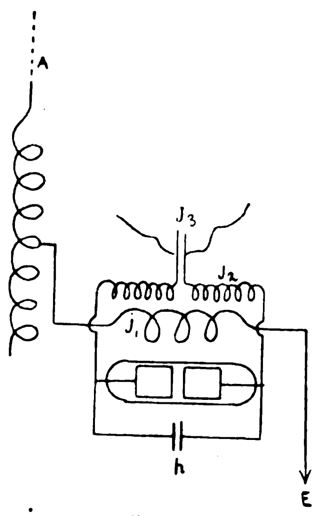


Fig. 9.

bestehend, auf die gleiche Schwingungsperiode gebracht.

Damit Sender und Empfänger aufeinander abgestimmt sind, ist es also, unter der Voraussetzung, dass der Widerstand vernachlässigt werden kann, notwendig, dass das Produkt aus Kapazität und Induktanz in allen vier Stromkreisen gleichgross sei.[1])

Beiläufig sei bemerkt, dass Prof. Braun auch auf diese Notwendigkeit hingewiesen hat.[2])

Obwohl die Messung der Kapazität in den verschiedenen Stromkreisen sehr einfach ist, so bereitet doch die direkte Messung der Induktanz grosse Schwierigkeiten, da die Einwirkung benachbarter Stromkreise in Frage kommt.

Marconi hat durch Versuche gefunden, dass die sekundäre Wicklung der Induktionsspule des Empfängers, falls dieselbe in einer Lage und mit entsprechendem Abstand z. B. 2 mm gewickelt ist, mit einem gleichlangen vertikalen Leiter annähernd die gleiche Periode besitzt.[3])

Bei einer Empfangs-Induktionsspule mit einer 40 m langen sekundären Wicklung wären also am Sender und Empfänger ein 40 m hoher Luftdraht anzuwenden.

Es erübrigt dann nur noch die Kapazität des Kondensators am Sender entsprechend zu variieren, um alle Stromkreise abgestimmt zu haben.

Geht man über die günstigste Grösse der Kapazität hinaus, so reagiert der Empfänger schlechter, während, wenn man, bei gleichzeitiger Kapazitätsvergrösserung, die Induktanz des Luftdrahtes erhöht, der Empfänger auf die ausgestrahlten Wellen nicht mehr reagiert. Erhalten jedoch der Empfangsdraht *A* und auch die Enden der Sekundärwicklung J_2 Induktanz oder Kapazität, so werden Telegramme registriert, obgleich Wellen verschiedener Frequenz Verwendung finden.

Auf diese Weise ist es leicht möglich, eine abgestimmte drahtlose Telegraphie und was noch wichtiger ist, unter Benutzung eines Strahldrahtes durch Einschaltung verschiedener Induktanz eine gleichzeitige Mehrfachtelegraphie durchzuführen (vgl. Fig. 10 und 11). Dr. Fleming hat bereits derartige Experimente Marconis in

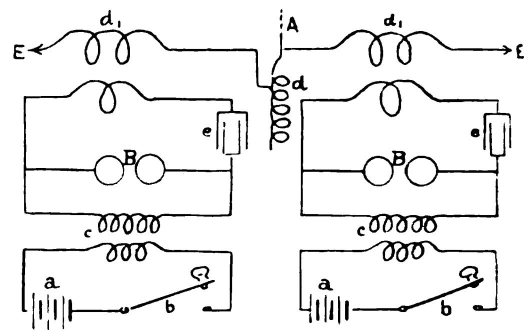


Fig. 10.

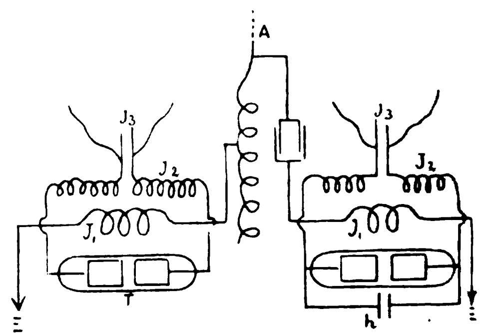


Fig. 11.

einem an die „Times" gerichteten Brief vom 4. Oktober 1900 erwähnt.

Eine weitere Verbesserung erzielte Marconi durch die Kombination der beiden zuletzt beschriebenen syntonischen Systeme (Fig. 12). In diesem Falle werden die Cylinder mit der sekundären Teslaspule des Gebers und der Empfänger mit einer entsprechend abgestimmten Induktionsspule verbunden; sämtliche Stromkreise sind wieder auf die gleiche Periode zu bringen.

Nach dem Hinweis auf die grosse Entwicklung der abgestimmten drahtlosen Telegraphie, hebt Marconi noch kurz die Fortschritte der praktischen Anwendung seines Systems hervor.

Zum Schluss geht Marconi auf das Slabysche System[1]) ein, welchem er nach seinen Ver-

1) Vergl. G. Marconi, engl. Patent Nr. 7777 (26. April 1900).
2) Vergl. F. Braun, Elektrot. Zeitschr. **22**, 258 ff., 1901.
3) G. Marconi, engl. Patent Nr. 25186 (19. Dez. 1899).

1) Vergl. Elektrot. Zeitschrift **22**, 38, 1901 und diese Zeitschrift **2**, 45 ff., 1900 und **2**, 270 ff., 1901.

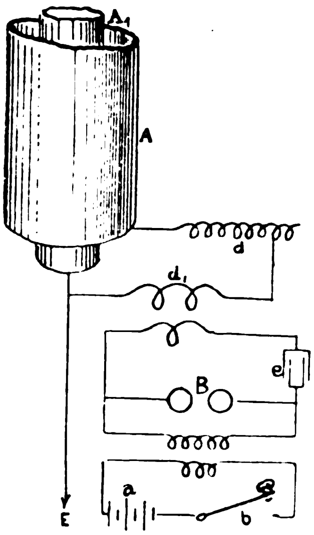


Fig. 12.

suchen Unempfindlichkeit zuschreibt und das er nur für sehr geringe Entfernungen anwendbar hält.

Im Anschluss an den von Marconi vor der Society of Arts gehaltenen Vortrag berichtet Professor Reginald A. Fessenden über einige der von dem Wetterbureau der Vereinigten Staaten mit drahtloser Telegraphie erzielten Resultate, welche sich teils mit denen Marconis decken, teils, wie nur angedeutet wird, dieselben sogar übertreffen sollen.[1])

Die betreffenden Versuche wurden im Januar 1900 unter der Leitung Prof. Moores begonnen.

Zunächst werden ebenfalls Strahldrähte mit erhöhter Kapazität in Form von Cylindern angewendet. Sodann wird auch auf die Notwendigkeit der Abstimmung des sekundären Stromkreises des Empfängers hingewiesen. Allein Fessenden macht die sekundäre Spule doppelt so lang als den Strahldraht und glaubt, dass Marconi mit der ersten Oberschwingung arbeitet, da er nur die einfache Länge anwendet.

Fessenden wendet ebenfalls eine Tesla-Anordnung an, welche sich jedoch von der Marconischen Anordnung unterscheiden soll. Zum Schluss werden einige weitere Verbesserungen angedeutet. Die eine besteht in einer Methode zur Bestimmung der Strahlkraft des Sendefunkens und zur Erhöhung der Wirksamkeit desselben. E. Ruhmer.

1) Vergl. Electrical World and Engineer, 29. Juni 1901.

(Eingegangen 17. Juli 1901.)

Instrumentarien zur Demonstration der singenden und sprechenden Bogenflamme.

In neuester Zeit hat die Demonstration der Simonschen sprechenden Bogenflamme überall das grösste Interesse wachgerufen, da es gelungen ist, die vorerst schwachen Lautwirkungen des Flammenbogens bedeutend zu erhöhen.

Eine Reihe von Firmen hat daher die Anfertigung und den Vertrieb der für diese Experimente erforderlichen Apparate in die Hand genommen und soll im folgenden eine kurze Übersicht über die verschiedenen Konstruktionen gegeben werden.

Die Firma Clausen und von Bronk, Berlin N, wendet die Abzweigmethode an, welche zum Betriebe des Mikrophons einen Teilstrom des Speisestromes der Bogenflamme benutzt, eine besondere Mikrophonbatterie also entbehrlich macht.

Die Anordnung ist aus Fig. 1 ersichtlich.

Als Schallquelle dient ein dem Instrumentarium beigegebener grosser Phonograph, der durch einen Schlauch direkt mit dem Mikrophon verbunden wird.

Der Preis des vollständigen Instrumentariums, bestehend aus der Mikrophonanordnung auf Mahagoni-Grundbrett (empfindliches Kohlenkörner-Mikrophon, kleiner Widerstand, Ausschalter, Verbindungsklemmen), der Bogenlichtspule, dem Bogenlichthandregulator, dem Bogenlichtwiderstand und einem Grand-Phonographen mit zwei grossen Walzen beträgt je nach der Netzspannung (110 resp. 220 Volt) 330 resp. 340 Mk., ohne Phonograph 180 resp. 190 Mk., ohne Phonograph und ohne Bogenlichtwiderstand 150 Mk.

Die ursprüngliche Simonsche Anordnung mit einer Induktionsspule verwenden die Werkstätten für Präzisionsmechanik, Ferdinand Ernecke, Berlin SW. Die Transformatoranordnung mit den zum Betriebe des Mikrophons dienenden sechs Trockenelementen zeigt Fig. 2.

Der Preis des Erneckeschen Instrumentariums, enthaltend Mikrophon auf Wandbrett,

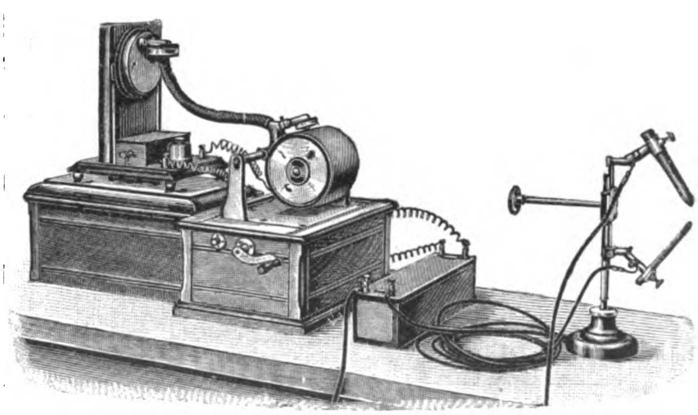


Fig. 1.

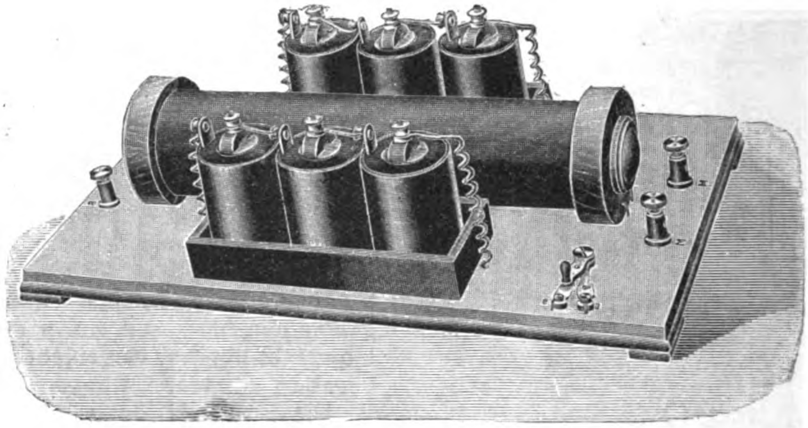


Fig. 2.

Transformatorspule nebst Mikrophonbatterie und Stromschlüssel, Bogenlichthandregulator mit imprägnierten Kohlen zur Erzielung langer Flammenbögen und Leitungsdraht für eine Entfernung von 20 m zum Anschluss des Mikrophons beträgt 175 Mk.

Das Instrumentarium von Müller-Uri, Braunschweig, ähnelt dem zuerst besprochenen; nur kommt hier ebenfalls eine Induktionsspule mit zwei getrennten Wicklungen zur Anwendung wie bei der Erneckeschen Konstruktion.

Der Preis des Instrumentariums bestehend aus einem empfindlichen Kohlenkörner-Mikrophon auf Grundbrett montiert mit Widerstand, Ausschalter und Verbindungsklemmen, einer aus drei Akkumulatorenzellen bestehenden Mikrophonbatterie, der Bogenlichtinduktionsrolle, dem Bogenlichthandregulator und dem Bogenlichtwiderstand beträgt je nach der Spannung (60, 110, 220 Volt) 190, 200, 210 Mk.; inkl. Grand-Phonograph mit zwei Walzen stellt sich der Preis um 150 Mk. höher.

Ein mehr elektrotechnischen Bedürfnissen entsprechendes Instrumentarium ist das der Fabrik elektrischer Apparate, Dr. Max Levy, Berlin N 4.

Es ist den Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker entsprechend ausgeführt und besteht aus dem empfindlichen Kohlenkörner-Mikrophon auf Stativ, dem Bogenlichthandregulator (vgl. Fig. 3) und einem Vermittelungs- und Anschlussapparat (Fig. 4), der den nach den Angaben von Ruhmer konstruierten Sparschalttransformator, den Bogenlichtwiderstand, den variablen Mikrophon-Vorschaltwiderstand mit

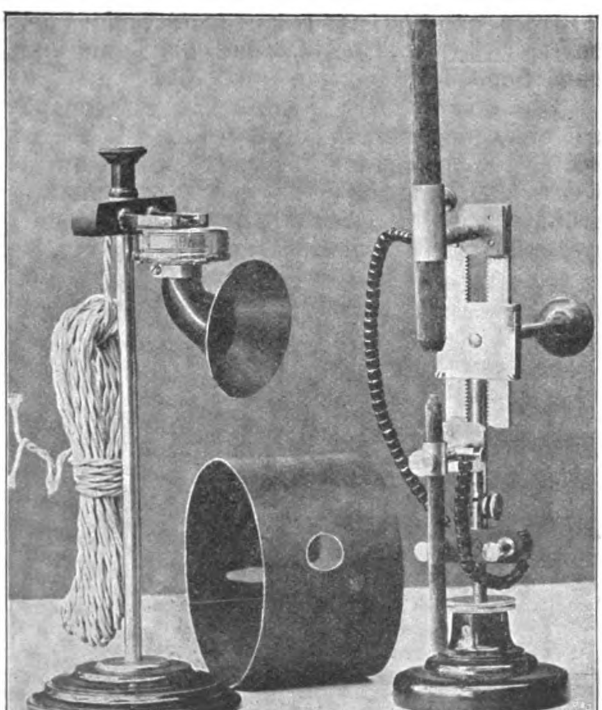


Fig. 3.

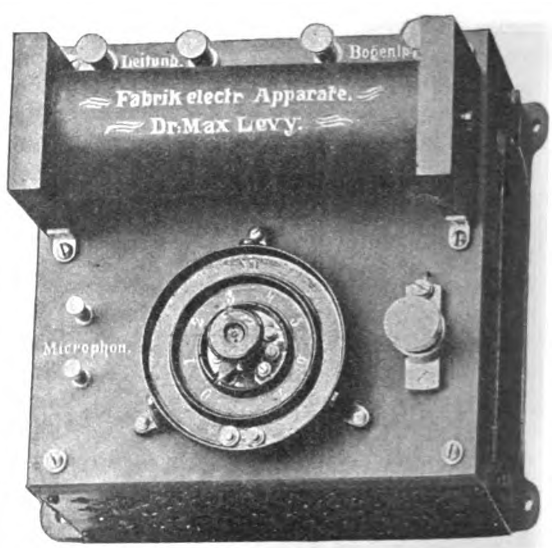


Fig. 4.

Anschlussklemmen für ein 20 m langes Verbindungskabel und endlich die Anschlussklemmen für die Lichtleitung und die Bogenlampe nebst Bleisicherung enthält.

Durch die Zusammenstellung der Spule mit den erforderlichen Widerständen und Anschlussklemmen zu einem Apparat ist eine grosse Vereinfachung herbeigeführt.

Der Preis des Instrumentariums beträgt bei Spannungen bis zu 120 Volt 195 Mk. bei höherer Spannung erhöht sich der Preis um 30 Mk.

Auf Wunsch liefert die Firma auch an Stelle des Bogenlichthandregulators eine automatisch regulierende Bogenlampe besonderer Konstruktion mit langem Lichtbogen, die in ihrem Äusseren einer gewöhnlichen Bogenlampe völlig gleicht.

Zum Schluss sei noch auf ein Instrumentarium zur Demonstration der Telephonie ohne Draht nach Simon hingewiesen, welches von der Firma Clausen & von Bronk, Berlin, in den Handel gebracht wird.

Die Sendestation besteht aus einem Bogenlampenkasten mit Vorderlinse, in den die

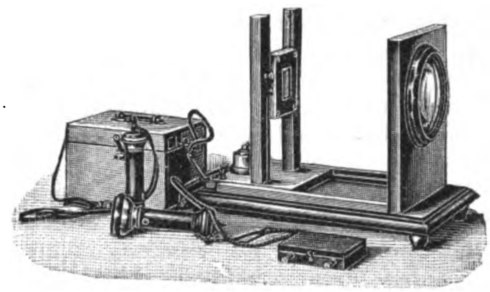


Fig. 5.

sprechende Handregulierlampe hineingestellt wird; Preis 60 Mk.

Die Empfangsstation zeigt Fig. 5.

Sie umfasst Linse auf Stativ, eine hochempfindliche Selenzelle, einen Kasten mit 24 kleinen Trockenelementen nebst Ausschalter und 2 hochempfindliche Fernhörer. Preis 230 Mk. Der Preis einer kompletten Einrichtung zur drahtlosen Telephonie mit Instrumentarium für sprechende Bogenlampe würde sich also ohne Phonograph auf ca. 470 Mk., mit demselben auf 620 Mk. belaufen. — E. Ruhmer.

(Eingegangen 27. Juli 1901.)

BESPRECHUNGEN.

Silvanus P. Thompson, Faraday und die englische Schule der Elektriker (Vortrag, gehalten am 9. Januar 1901 in dem Urania-Theater zu Berlin). gr. 8. 43 S., Halle, W. Knapp. 1901. M. 1.50.

Leben und Lebenswerk Faradays ist oftmals von berufenster Seite geschildert worden. Und wie sein äusserer Lebensgang, als der eines Mannes eigener Kraft von unvergleichlichem Erfolge, populärer ist, als der irgend eines Mannes sonst der Wissenschaft, so ist sein Lebenswerk, als das eines Genies von beispielloser Schöpferkraft, heute Allgemeingut jedes Physikers; ist doch fast der grösste Teil des Bodens, auf dem wir heute wandeln, von ihm erschlossen und wegsam gemacht. — Trotzdem ist es immer wieder fesselnd und anregend, zu erfahren, wie sich ein grosser Meister in der Seele eines bedeutenden Schülers spiegelt; und ein Mann wie Faraday kann nicht oft genug auf den Schild erhoben werden.

Der Vortrag ist etwa eine Zusammenfassung dessen, was Thompson in seinem, auch deutsch erschienenen Buche Michael Faraday, his Life and Work gesagt hat.

Thompson ist kein direkter Schüler Faradays, aber einer der bedeutendsten Vertreter der wissenschaftlichen Elektrotechnik Englands, jener fruchtbaren Schule, die von der lebendigen Kraft Faradayscher Ideen schon mitgerissen war, als die Forscher des Kontinents (die französische Schule nennt sie Thompson nach ihren Begründern Coulomb und Ampère) noch zuversichtlich auf dem Boden der Fernwirkungsanschauung weiterbauten.

Mit berechtigtem Stolze, aber gleichzeitig der freiherzigen Anerkennung ausländischer Verdienste, die ihm eigen ist, skizziert Thompson das Wesen dessen, was er als die englische d. h. als Faraday-Maxwells Schule der Elektriker anspricht: Ausbau des Induktionsgesetzes und Ausgestaltung der Lehre vom magnetischen Kreise zur Dynamomaschine der Gegenwart; elektromagnetische Lichttheorie von Faraday-Maxwell über Helmholtz-Hertz zur drahtlosen Telegraphie.

Der Einfluss, den Faraday auf die Wissenschaft als solche ausgeübt hat, wird dahin präzisiert, dass er die allgemeine Anerkennung zweier Prinzipien herbeigeführt habe: 1) die Einheit, die die verschiedenen Naturkräfte in gegenseitige Beziehung setzt, und 2) der Nachweis der Abwesenheit einer sogenannten Fernwirkung.

Neben dem thatsächlichen Gehalte seiner Forschungen sei es nicht zum wenigsten die Forschungsmethode, durch die er befruchtend gewirkt habe: reichliche Heranziehung von

Analogien und volle schöpferische Inanspruchnahme derselben als Wegweiser, wobei ihm Modelle ein mächtiges Hilfsmittel waren.

In dem warmherzig und verständnistief dargebrachten biographischen Teile giebt u. a. die anschauliche Schilderung der Wirkungsstätte Faradays, der Royal Institution in London, wie sie heute noch fast unverändert erhalten ist, mancher unbestimmten Vorstellung einen festen Halt. Seine wissenschaftliche Thätigkeit wird nach drei Perioden übersichtlich dargestellt.

Faradays Leben ist ein Stück Geschichte menschlicher Arbeit und Grösse, dessen Betrachtung eine unversiegbare Quelle der Erhebung und vorbildlichen Ermunterung bildet. Davon ist auch dieser Vertrag wieder ein Beweis. Immer wieder fragt man sich da, warum der Geschichtsunterricht unsrer Schulen aus solchen Quellen noch so wenig schöpft, die dem Schauplatz der politischen Geschichte entlegen sind. Sollte nicht das Fehlen jeder offiziellen Pflege geschichtlicher Forschung in den exakten Wissenschaften an den Universitäten mit Schuld daran sein? H. Th. Simon.

(Eingegangen 26. Juli 1901.)

Hanausek, T. F., Lehrbuch der technischen Mikroskopie. gr. 8. X u. 455 S. mit 256 Abbildungen. Stuttgart, Ferd. Enke, 1901. M. 14.40.

Verfasser unterzieht sich der dankenswerten Aufgabe, in vorliegendem Lehrbuche sowohl dem Studierenden des betreffenden Zweiges der angewandten Naturwissenschaften wie auch dem in der Praxis stehenden Techniker ein Hilfsmittel zu wissenschaftlicher Verwendung des Mikroskops in der Praxis zu geben. Als nicht zu unterschätzender Vorzug des Buches muss die gemeinverständliche Beschreibung des Mikroskopes und seiner Hilfsapparate angesehen werden, die den ersten Teil des Buches ausmacht, und auch den wenig damit Vertrauten in den Stand setzt, das Instrument richtig und praktisch zu verwenden. Der zweite weitaus stärkste Teil (von S. 23—441) beschäftigt sich mit der Mikroskopie der wichtigsten Typen technischer Rohstoffe hauptsächlich organischen Ursprunges, und zwar werden behandelt: Stärke (und Inulin). — Vegetabilische Faserstoffe; — Tierische Faserstoffe); — Stamm und Wurzel; — Blätter; — Blüten; (Blütenteile); — Früchte und Samen; — Technisch verwendete tierische Hartteile. — Ein Schlusskapitel behandelt mikrochemische Analysen. Vermöge zahlreicher, in Fussnoten gegebener Litteraturnachweise ist nähere Orientierung über den betreffenden Gegenstand leicht gemacht. Als recht nützlich und brauchbar ist wohl auch die analytische Zusammenstellung und Beschreibung der wichtigsten Nutzhölzer in Form eines Bestimmungsschlüssels anzusehen, mit dessen Hilfe es möglich wird, die betreffende Holzart schon mit der Lupe zu erkennen; auch die jedem Abschnitte als Schlusskapitel angefügten Beispiele aus der Praxis sind dem Zwecke des Buches entsprechend, welches durch übersichtliche Anordnung und sehr deutliche und wohl gewählte Abbildungen geeignet ist, ein schätzbares Hilfsbuch für den Techniker zu werden, wenn er in die Lage kommt, sich über Herkunft, Art und Güte der von ihm verarbeiteten Rohstoffe unterrichten zu wollen. H. Rhumbler.

(Eingegangen 8. August 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Braun, Ferdinand, Drahtlose Telegraphie durch Wasser und Luft. Nach Vorträgen im Winter 1900. Mit zahlreichen Figuren und Abbildungen. gr. 8. 68 S. 1901. Leipzig, Veit & Co. M. 2.—

Mitteilungen aus dem Maschinenlaboratorium der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. III. Heft. Neuere Erfahrungen und Versuche mit Abwärmekraftmaschinen von E. Josse. Mit 20 Textfiguren. gr. 4. 42 S. 1901. München und Leipzig, R. Oldenbourg. M. 2.50.

Müller, Felix, Vocabulaire mathématique. Français-allemand et allemand-français. Contenant les termes techniques employés dans les mathématiques pures et appliquées. Mathematisches Vocabularium. Französisch-deutsch und deutsch-französisch. Enthaltend die Kunstausdrücke aus der reinen und angewandten Mathematik. Erste Hälfte. gr. 8. XII u. 132 S. 1900. Leipzig, B. G. Teubner. M. 8.—

Personalien.

Die Zulassung des Oberingenieurs Ludwig Ritter v. Stockert als Privatdozent für Eisenbahn-Maschinendienst und Eisenbahnbetrieb an der Technischen Hochschule in Wien, des Professors an der Staatsrealschule in Karolinenthal A. Adler als Privatdozent für darstellende Geometrie an der deutschen Technischen Hochschule in Prag und des Professors an der Lehranstalt für Textilindustrie in Brünn G. Ulrich als Privatdozent für chemische Technologie der Theerfarbstoffe an der Technischen Hochschule in Brünn ist bestätigt worden.

Der ausserordentliche Professor der Physiologie an der Universität Heidelberg, Dr. K. Kaiser, wird einen längeren Urlaub dazu benützen, in einem der grössten Berliner elektrischen Werke bestimmte, die Elektrotechnik interessierende Versuche in grösserem Massstabe auszuführen.

Der ausserordentliche Professor der deutschen Universität in Prag Dr. G. Jaumann wurde zum ordentlichen Professor für Physik an der Technischen Hochschule in Brünn ernannt.

An der Universität Göttingen hat sich Dr. O. Blumenthal aus Frankfurt a/M. für Mathematik habilitiert.

Geheimrat Otto v. Grove, ordentlicher Professor der Maschinenkunde an der Technischen Hochschule in München, ist in den Ruhestand getreten. Als sein Nachfolger ist Professor Lynen von der Technischen Hochschule in Aachen berufen worden.

Vor Kurzem starb Frau Dr. Rahel Sloyd, Professor der Chemie an der Universität Nebraska bei Lincoln, Mitglied der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

Die an der Technischen Hochschule in Stuttgart neu errichtete ordentliche Professur für Elektrotechnik wurde dem Ingenieur Emil Veesenmeyer in Berlin übertragen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 49. 7. September 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über den Rowlandschen Versuch.

Von A. Eichenwald (Moskau).

Seitdem Rowland [1]) die magnetische Wirkung konvektiv bewegter Elektrizität zum ersten Male nachgewiesen hat, sind seine Versuche von Röntgen [2]) und Himstedt [3]) wiederholt und bestätigt worden. Himstedt hat zwar nur relative Messungen gemacht, konnte aber die Proportionalität der magnetischen Wirkung mit der Geschwindigkeit und Dichtigkeit der bewegten Ladung in ziemlich weiten Grenzen prüfen. Endlich haben Rowland und Hutchinson [4]) aus den Beobachtungen der magnetischen Wirkung des konvektiven Stromes das Verhältnis der elektrostatischen zu den elektromagnetischen Einheiten berechnet und bekamen einen Wert für das V, welcher zwischen $2{,}26 \cdot 10^{10}$ und $3{,}78 \cdot 10^{10}$ lag; als Mittelwert aus 20 Versuchsreihen ist $3{,}19 \cdot 10^{10}$ angegeben.

Neuerdings hingegen hat Hr. V. Crémien [5]) aus einer Reihe von Untersuchungen geschlossen, dass eine magnetische Wirkung der elektrischen Konvektion überhaupt nicht existiere, dass man aber zufällige Ablenkungen der Magnetnadel beobachten kann, wenn nicht genügende Vorsicht gegen elektrostatische Wirkungen genommen worden ist.

Wegen der fundamentalen Bedeutung, welche der Versuch von Rowland namentlich in den neueren elektrischen Theorien hat, schien es mir nicht überflüssig, denselben nochmals zu wiederholen. Die Versuchsanordnung war folgende: Zwischen zwei vertikalen, miteinander leitend verbundenen, sonst aber isolierten beweglichen Zinkscheiben BB (Fig. 1) rotiert um eine horizontale Achse eine leichte Mikanitscheibe A von

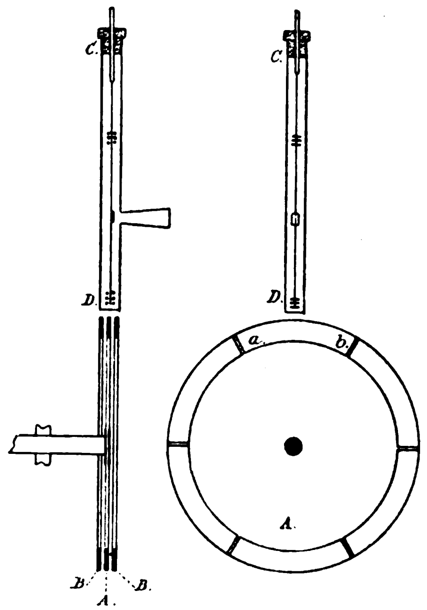


Fig. 1.

25 cm Durchmesser, welche am Rande und auf beiden Seiten mit 1,5 cm breiten Stanniolstreifen ab beklebt ist. Diese Stanniolstreifen können durch Schleifkontakte geladen werden und bilden mit den Zinkscheiben BB einen Kondensator. Alle drei Scheiben sind parallel zum magnetischen Meridian aufgestellt.

Über dem oberen Rande der Scheibe ist an einer Wandkonsole eine vertikale Röhre CD aus elektrolytischem Kupfer angebracht, in welcher sich ein sehr leichtes astatisches Nadelpaar an einem Quarzfaden aufgehängt befindet. Das Nadelpaar ist somit von allen Seiten von elektrolytischem Kupfer von 1 mm Dicke umschlossen und nur ein kleines Fensterchen von 5×5 mm Öffnung erlaubt die Ablenkungen der Nadel mittels Spiegel und Skala zu beobachten. Vor dieser Öffnung ist noch ein kupferner Trichter angebracht, um die Magnetnadel vor elektrostatischen Einflüssen noch sicherer zu schützen.

1) Ber. d. Berl. Akad. **1876**, 211.
2) Röntgen, Ber. d. Berl. Akad. **1885**, 198.
3) Himstedt, Wied. Ann. **38**, 560, 1889.
4) Rowland und Hutchinson, Phil. Mag. (5). **27**, 445, 1889.
5) V. Crémien, C. R. **130**, 1544, 1900; **131**, 578, 797, 1900; **132**, 327, 1108, 1901; auch Lecher, Rep. d. Phys. **20**, 151, 1889 konnte den Rowlandschen Versuch nicht bestätigen.

Die Röhre ist dauernd an Erde gelegt. Dank diesen Vorsichtsmassregeln konnte ich in unmittelbarer Nähe von dieser Röhre elektrische Funken oder Spitzenentladungen erzeugen, elektrisierte Luft blasen u. s. w. ohne die geringste Ablenkung der Magnetnadel zu beobachten.

Aus der Fig. 1 ist zu sehen, dass der ganze Apparat symmetrisch gebaut ist.

Rotiert die Mikanitscheibe ohne Ladung, so bekommt man durch Foucaultsche Ströme Ablenkungen, die aber 10 Skt. bei 1000 Skt. Skalenabstand nicht übersteigen und von der Rotationsrichtung unabhängig sind. Wird aber während der Rotation der Scheibe der Kondensator geladen, so erfolgt eine dauernde, positive oder negative Ablenkung der Nadel je nach dem Sinne der Ladung und der Rotation, aber jedes Mal nach der Ampèreschen Regel.

Es versteht sich von selbst, dass für das Gelingen des Versuches die Magnetnadel sehr empfindlich (also möglichst leicht) genommen werden muss. Das von mir benutzte astatische Nadelpaar bestand aus 12 dünnen Stahllamellen (Uhrfeder) (Fig. 1) von 3 mm Länge, welche an einem 15 cm langen Glasfaden aufgekittet waren. Der Spiegel war 2×3 mm gross. Das ganze System mit dem Spiegel wog ca. 20 mg und wurde durch einen Magneten bis auf zehn Sekunden (volle) Schwingungsdauer astasiert.

Von den quantitativen Versuchen erlaube ich mir einen anzuführen, welcher bei verhältnismässig kleinen Geschwindigkeiten und niedrigen Potentialen angestellt war, wo also keine Erschütterungen und keine Isolationsfehler zu befürchten waren. Bei 60 Umdrehungen der Mikanitscheibe in der Sekunde und einer Potentialdifferenz im Kondensator von 1500 Volt erhielt ich einen doppelten Ausschlag von zehn Skalenteilen bei 1000 Skt. Skalenabstand. Da die Kapazität des Kondensators durch Rechnung und durch Vergleich mit einem kleinen Luftkondensator sich zu $5 \cdot 10^{-11}$ Farad ergab, so berechnet sich der konvektive Strom zu $4{,}5 \cdot 10^{-6}$ Ampères.

Hierauf schickte ich durch die obere Stanniolbelegung *ab* (Fig. 1) einen galvanischen Strom von derselben Grösse und erhielt dieselbe Ablenkung der Nadel; Abweichungen waren zuweilen 2 bis 3 Skalenteile. Bei anderen Versuchsbedingungen erhält man dieselbe Übereinstimmung. Bei sehr hohen Potentialen konnte ich wegen der Luftfeuchtigkeit (bis 80%) keine messenden Versuche machen; im Winter aber muss man weiter kommen können.

Also auch quantitativ, wie es schon Rowland gefunden hat, stimmt die magnetische Wirkung des konvektiven Stromes mit der eines galvanischen überein.

Man könnte noch fragen, ob die kupferne Röhre *CC*, welche die Magnetnadeln vor elektrostatischen Einflüssen schützt, einen genügenden Schutz bietet, wenn die Ladung schnell bewegt wird. Auch diese Frage kann rein experimentell beantwortet werden.

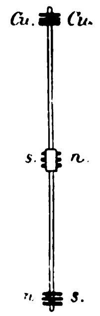


Fig. 2.

Zu dem Zwecke konstruierte ich ein Nadelsystem (Fig. 2), welches aus zwei Magnetnadeln $n_1 s_1$ und $s_2 n_2$ und einer Kupfernadel *Cu* von genau derselben Form und Dimension bestand. Wurde ein solches System in die kupferne Hülle *CD* (Fig. 1) so eingehängt, dass die Magnetnadel $n_1 s_1$ unten und die Kupfernadel *Cu* oben zu stehen kam, so erhielt ich während der Rotation der geladenen Scheibe, wie früher, Ablenkungen der Magnetnadel $n_1 s_1$ nach der Ampèreschen Regel bis 10 Sek. Wurde aber das ganze System umgedreht, so dass die Magnetnadel $n_1 s_1$ jetzt nach oben und die Kupfernadel nach unten, also nahe an die sich bewegende Ladung kam, so konnte ich keine Ablenkungen, die grösser als $1/2$ Skalenteil waren, wahrnehmen.

Über die Existenz eines Rowland-Effekts kann somit kein Zweifel sein. Was aber andere, mit der elektrischen oder magnetischen Konvektion zusammenhängende Fragen anbetrifft, so müssen sie weiteren, aber vorwiegend experimentellen Untersuchungen überlassen bleiben.

Juli 1901. Moskauer Ingenieur-Hochschule.

(Eingegangen 26. Juli 1901.)

Über eine gewissen Salzen durch Kathodenstrahlen erteilte Radioaktivität.

Von J. C. Mc. Lennan.

(Mitgeteilt von Prof. J. J. Thomson.)

Bisher scheint das einzige Beispiel, dass eine ursprünglich inaktive Substanz durch Einwirkung von Kathodenstrahlen radioaktiv wurde, von Villard[1]) beobachtet worden zu sein. Er fand, dass ein Stückchen Wismut, das als Antikathode einer Entladungsröhre benutzt worden war, nach einer Exposition von acht Tagen einen schwachen Eindruck auf eine photographische Platte machte.

1) Société de Physique; Juli 1900.

Im folgenden wird über eine Untersuchung berichtet, durch die mehrere inaktive Salze gefunden wurden, die bei leichter Erhitzung eine sehr bemerkbare Radioaktivität entwickelten, wenn sie vorher Kathoden- oder Entladungsstrahlen ausgesetzt worden waren. Bei mehreren Salzen genügte eine Temperatur von 100°, um den Effekt hervorzurufen; doch war die Radioaktivität bei höheren Temperaturen noch ausgesprochener.

Die von diesen Salzen ausgehende Strahlung entlud positiv geladene Körper, negative dagegen nicht. Niemals schien sie einem unelektrisierten Körper eine Ladung zu erteilen.

Zur Untersuchung des Effekts wurde das von C. T. R. Wilson[1]) angegebene Verfahren benutzt. Ein dünner Messingdraht wurde in einem kleinen Metallkästchen, durch Schwefel isoliert, senkrecht aufgehängt. An diesem Draht wurde ein Goldblättchen befestigt, dessen Ausschlag mit einem Mikrometer-Mikroskop beobachtet, ein Mass für das Potential des Messingdrahts gab. Die Kapazität des ganzen Systems betrug keine 2 cm.

Das auf Radioaktivität zu prüfende Salz wurde in einer dünnen Schicht auf dem Boden des Elektroskops angebracht, das in den meisten Fällen durch einen Bunsenbrenner erwärmt wurde.

Um Störungen des Goldblättchens durch Luftzug zu vermeiden, wurden die Beobachtungen gewöhnlich in Luft von 15 mm Druck gemacht.

Tabelle I zeigt eine Liste der beobachteten Salze, zugleich mit den erhaltenen Resultaten. Jedes dieser Salze wurde auf Thermolumineszenz[2]) geprüft, um zu erfahren, ob irgend ein Zusammenhang zwischen diesem Phänomen und der beobachteten Radioaktivität bestehe.

Tabelle I.

Substanz	Positiver Ladungsverlust	Negativer Ladungsverlust	Thermolumineszenz
$Mn\ SO_4$	Nein	Nein	Nicht beobachtet
$Zn\ SO_4$	Nein	Nein	Schwach weiss
$Pb\ SO_4$	Nein	Nein	Nicht beobachtet
$Be\ SO_4$	Ja (schwach)	Nein	„ „
$Ca\ SO_4$	Ja	Nein	Sehr schwach
$Sr\ SO_4$	Ja	Nein	Schwach weiss
$Ba\ SO_4$	Ja	Nein	„ „
$K_2\ SO_4$	Ja	Nein	Nicht beobachtet
$Ca\ S$	Ja	Nein	„ „
$Sr\ S$	Ja	Nein	„ „
$Ba\ S$	Ja	Nein	„ „
$Ca\ O$	Nein	Nein	„ „
$Ca\ Cl_2$	Nein	Nein	Schwach weiss
$Ba\ Cl_2$	Nein	Nein	„ „

1) Proc. Roy. Soc. **68**, 154.
2) Wied. Ann. **34**, 446, 1888. **37**, 177, 1889.

Aus diesen Resultaten geht klar hervor, dass nur wenig Zusammenhang zwischen den beiden Phänomenen besteht. Um dies sicher zu stellen, wurden einige Experimente mit einer Anzahl van't Hoffscher[1]) sogen. fester Lösungen gemacht, deren kräftige Thermolumineszenz bekannt war. Aus Tabelle II, die die hauptsächlichen Resultate enthält, ersieht man, dass Radioaktivität nur in einem Falle bemerkt wurde.

Tabelle II.

Feste Lösung	Posit. Ladungsverlust	Negat. Ladungsverlust	Thermolumineszenz
$Ca\ SO_4 + 2\ \%\ Mn\ SO_4$	Ja	Nein	intensiv grün
$Zn\ SO_4 + 1\ \%\ Mn\ SO_4$	Nein	Nein	intensiv rot
$Mg\ SO_4 + 1\ \%\ Mn\ SO_4$	Nein	Nein	intensiv dunkelrot
$Ca\ SO_4 + 1\ \%\ Mn\ SO_4$	Nein	Nein	intensiv gelb
$Ca\ Fl_2 + 2\ \%\ Mn\ SO_4$	Nein	Nein	hellgrün.

Die Sulfate von Calcium, Strontium und Baryum, sowie die feste Lösung $Ca\ SO_4 + 2\ \%\ Mn\ SO_4$ waren fast gleichstark radioaktiv, während der mit Beryll-Sulfat erhaltene Effekt nur ganz klein war. Bei den Sulfiden bemerkte man, dass die Radioaktivität nur den fünften Teil derjenigen der Sulfate derselben Elemente betrug.

Alle beobachteten Salze verloren ihre Radioaktivität schnell, wenn sie erhitzt wurden. Es genügte gewöhnlich, sie 3—5 Minuten im Elektroskopen der Bunsenflamme auszusetzen, um jede Spur von Radioaktivität vollständig auszutreiben.

Als Beispiel der bei diesen Experimenten gemessenen Grösse der Effekte möge bemerkt werden, dass die Strahlung einer dünnen Schicht aktiven Calciumsulfats, das auf dem Boden des Elektroskops über etwa 20 qcm ausgebreitet war, 2—3 elektrostatische Einheiten positiver Elektrizität entlud.

Interessant ist, dass Calciumchlorid nicht radioaktiv gemacht werden konnte, während aus diesem Salze hergestelltes Calciumsulfat durch Bestrahlung von Kathodenstrahlen ziemlich radioaktiv wurde.

Bei einer Reihe vergleichender Messungen mit aktivem Calciumsulfat in Luft bei 480 bis zu 1 mm Druck wurde weder ein Unterschied in der Geschwindigkeit noch im Gesamtbetrag des positiven Ladungsverlustes beobachtet.

Mit demselben Salze, Calciumsulfat, ergab sich in einem magnetischen Felde von 3000 C. G. S. Einheiten eine geringe Abnahme der Entladung.

1) Zeitschrift f. phys. Chemie **5**, 322, 1890.

Ferner wurde untersucht, ob Radioaktivität nachweisbar wäre, wenn das elektrostatische Feld des Goldblättchens von dem Salz durch ein Drahtnetz abgeschirmt wurde. Man beobachtete wenig Unterschied, wenn ein Netz von 3 mm Maschenweite benutzt wurde, aber bei einem Netz von 1 mm Drahtdicke und 1 mm Maschenweite war der Entladungsverlust des Messinstruments bedeutend verkleinert.

Nach den bisherigen Versuchen scheinen nur zwei Erklärungen dieser besonderen Strahlung haltbar. Die eine besteht in der Annahme, dass der Effekt von der Erzeugung ultravioletten Lichts bei Erhitzung des aktivierten Salzes herrührt, und dass dieses Licht, auf das negativ geladene Salz einwirkend, Entladungsverlust auf seiner Oberfläche verursacht.

Um diese Annahme zu prüfen, wurde eine amalgamierte Zinkkugel an dem unteren Ende des Messapparates befestigt. Kein Zeichen von Entladung negativer Elektrizität des Goldblättchens wurde hierbei beobachtet, obgleich die Zinkkugel nur 4 mm von dem radioaktiven Salz entfernt war.

Es scheint kaum möglich, dass ultraviolette Strahlung, die die beobachteten Effekte hervorruft, vollständig in Luft von 15 mm Druck bei nur 4 mm Abstand absorbiert werden könnte.

Die einfachere Annahme ist wahrscheinlich, dass die erhitzten Salze einen Strom negativ geladener Partikel oder Korpuskeln aussenden, die von dem positiv geladenen Goldblättchen des elektrostatischen Feldes angezogen werden und es entladen. Wenn diese Ansicht richtig ist, müssen diese negativ geladenen Partikel von dem Salz mit ausserordentlich kleiner Geschwindigkeit ausgesandt werden; sonst müssten wir erwarten, dass das anfänglich unelektrische Goldblättchen zum mindesten eine kleine negative Ladung erhielte.

Die hier beschriebenen Versuche wurden in dem Cavendish Laboratorium gemacht; und ich spreche gern Herrn Prof. Thomson meinen aufrichtigen Dank aus, für manche wertvolle Anregung und Ermutigung während der Untersuchungen.

[Anmerkung des Übersetzers: Die beschriebenen Erscheinungen haben viel Ähnlichkeit mit Beobachtungen von Elster und Geitel aus dem Jahre 1896 (Wied. Ann. 59, 487: „Über eine lichtelektrische Nachwirkung der Kathodenstrahlen"). Da auf die beeinflussten Salze schon das Tageslicht wirkt, so scheint nicht ausgeschlossen, dass die vom Verfasser beobachteten Erscheinungen ein blosser Hallwachs-Effekt sind.

Eine thatsächlich durch Kathodenstrahlen hervorgerufene Radioaktivität, die auch auf die photographische Platte wirkt, ist neuerdings von Hoffmann und Strauss (Chem. Ber. 34, S. 8—11 und 907—913. Beibl. 25, S. 317 u. 633. 1901) nachgewiesen worden.]

(Aus dem Englischen übersetzt von W. Kaufmann.)

Zur Theorie der Funkenentladung.

Von Siegfr. Guggenheimer.

Kurz nachdem unter ähnlichem Titel der Redaktion des Phil. Mag.[1]) eine Notiz eingesandt war, erschien die letzte Mitteilung des Herrn Kaufmann[2]), die sich zum Teil ebenfalls mit dem Gegenstand beschäftigt, und wenn auch von anderem Standpunkte aus das Problem in Angriff nehmend, doch zu im wesentlichen identischen Schlussresultaten gelangt.

Ich will nur nebenbei erwähnen, dass Herrn Kaufmanns Satz: „Einer stetigen Änderung irgend einer der den Wert des stationären Stromes bestimmenden Grössen etc. entspricht eine unstetige Änderung im Werte des Stromes etc." durch die Hypothese der Erzeugung der Ionen durch Kollisionen eine sehr einfache Interpretation gestattet. Denn da z. B. aus Herrn Townsends Untersuchungen hervorgeht, dass für einen gegebenen Druck und gegebener Temperatur ein wohldefinierter Spannungswert besteht, bei dem die negativen Ionen die zur Erzeugung neuer Ionen durch Zusammenstösse notwendige Geschwindigkeit erlangen, so ist es ohne weiteres einleuchtend, dass z. B. die Stromkurve an diesem Punkt eine Unstetigkeit aufweisen muss.

Der Zweck dieser Zeilen ist jedoch hauptsächlich, auf die Möglichkeit einer einfachen physikalischen Interpretation von Herrn Kaufmanns „Umwandlungsarbeit" aufmerksam zu machen.

Nehmen wir auch hier, wie in obiger Arbeit, schätzungsweise an, dass der zum Eintreten der Funkenentladung notwendige Maximalstrom die Anwesenheit von ungefähr 10^9 Ionen in der Volumeinheit bedingt, dann besteht die von Herrn Kaufmann zur Erklärung der Verzögerung herangezogene „Umwandlungsarbeit" eben in dem Arbeitsaufwand (von den elektrischen Kräften geleistet), der nötig ist, um durch Kollisionen 20 Ionen (C. T. R. Wilson) in 10^9 Ionen pro Volumeinheit zu verwandeln. Legt man den von Townsend (Phil. Mag. Febr. 1901)

---

1) S. Guggenheimer, Phil. Mag. September 1901.

2) W. Kaufmann, Ann. d. Phys. 5, 757, 1901. Siehe auch W. Kaufmann, Ann. d. Phys. 2, 158, 1900. Letztere Abhandlung habe ich leider bei der Abfassung obenerwähnter Notiz übersehen.

gefundenen Arbeitswert für die Erzeugung eines Ions zu Grunde, so ergiebt sich, diesen Wert $= 10^{-11}$ Erg gesetzt, ein approximativer Betrag der „Umwandlungsarbeit" von 10^{-2} Ergs (pro Volumeinheit des Gases).

Ich hoffe, auch hierüber bald genauere experimentelle Resultate zu haben.

Dass die Verzögerung mit wachsender Überspannung auch bei der Funkenentladung abnimmt (Kaufmann, Ann. 5, 764), ist leicht erklärlich. Der Betrag der „Umwandlungsarbeit" bleibt jedoch immer der gleiche.

Nürnberg, 20. August 1901.

(Eingegangen 22. August 1901.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Die physikalischen Gesetze, Erklärungen und Hypothesen.

Von J. H. Poynting.[1])

Sicherlich hegen Sie alle mit mir den Wunsch, den tiefgefühlten Dank unserer Sektion für die Errichtung einer physikalischen Reichsanstalt (National-Physical Laboratory), zum Ausdruck zu bringen, deren Gründung von dieser Stelle aus zuerst durch Herrn Dr. Lodge angeregt wurde. Es wäre überflüssig, hier die Bedeutung der endgültigen Gründung des Laboratoriums hervorheben zu wollen; denn wir alle sind uns bewusst, dass ein solches unbedingt notwendig war, damit der physikalischen Forschung in unserem Lande der gebührende Fortschritt ermöglicht wird; dass die erste Leitung der Aufgaben der Anstalt in so bewährte Hände gelegt wurde, ist ein grosses Glück.

Während die Naturforschung immer mehr unser Wissen vermehrt, und jede neue Entdeckung eine positive, dauernde Ergänzung bildet, wird endlos darüber diskutiert, wo die Grenzen des Forschungsgebietes zu setzen sind, und was die gewonnenen Erkenntnisse bedeuten.

Trotzdem, glaube ich, ist in manchen Beziehungen ein wirklicher Fortschritt zu verzeichnen, und es kommen wenigstens die Physiker mehr und mehr zu einer Übereinstimmung über die Natur der Gesetze, in welchen sie ihre Forschungsergebnisse niederlegen, über die Erklärungen, welche sie zu geben versuchen und die Hypothesen, zu welchen sie beim Suchen nach Erklärungen gelangen.

Ich möchte Sie einladen, die Grundlagen dieser Übereinstimmung der Betrachtung zu unterwerfen, und möchte erörtern, auf welche Weise meiner Ansicht nach dieselben gewonnen werden können.

In den Bereich des physikalischen Studiums fallen die sichtbaren Bewegungen und andere sichtbare Veränderungen der Materie. Die Erfahrungen des Physikers sind die Sinneseindrücke, die er bekommt, und sein Ziel liegt in einer möglichst gedrungenen Beschreibung der Art, wie seine verschiedenen Sinne erregt wurden, erregt werden oder erregt werden könnten.

Seine Methode liegt in der Auffindung aller Ähnlichkeiten, der Zusammenstellung aller ähnlichen Ereignisse und in der so ermöglichten möglichst gedrängten Darstellung der beobachteten Bewegungen und Veränderungen. Sein Erfolg im Aufsuchen von Ähnlichkeiten und sein Streben nach gedrängter Wiedergabe, führten ihn dazu, eine solche Konstitution der Dinge sich vorzustellen, dass Ähnlichkeiten auch dort auftreten, wo sie der direkten Beobachtung verborgen sind, und er wird auf diese Weise in den Stand gesetzt, seine Klassifikation zu vereinfachen — vorausgesetzt, dass die vorgestellte Konstitution der Wirklichkeit entspricht. Unter der Annahme, dass, was in der Vergangenheit ähnlich war, es auch in Zukunft bleiben wird, ist er im stande Voraussagungen zu machen.

Seine Darstellung der Natur ist in diesem Sinne eine Beschreibung, wie man sich oft ausdrückt.

Gäbe es zwischen den Ereignissen keine Ähnlichkeiten, so könnte unsere Darstellung derselben nicht mehr als ein Adressbuch sein, in dem jeder Einzelfall unter seinem Titel eingetragen ist. Die beobachteten Ähnlichkeiten jedoch ermöglichen es, eine grosse Anzahl von Ereignissen zusammen zu gruppieren, allgemeinere Beschreibungen zu geben und thatsächlich, statt eines Adressbuches, ein lesbares Buch der Natur herzustellen, in welchem Gesetze an der Spitze der einzelnen Abschnitte stehen.

Diese Gesetze sind, meiner Überzeugung nach in allen Fällen kurze Beschreibungen beobachteter Ähnlichkeiten. Ein paar Beispiele mögen dies erläutern.

Das Gravitationsgesetz sagt aus, dass wir jedem Stück Materie eine Konstante zuweisen können — seine Masse — derart, dass andere Materie an ihr eine Beschleunigung hervorruft, welche jener Masse direkt und dem Quadrate

1) Eröffnungsrede, gehalten vor der mathematischen und physikalischen Sektion der British Association zu Dover 1899.

der Entfernung umgekehrt proportional ist; d. h. alle Körper gleichen sich in dieser gegenseitigen Beschleunigung.

Das Hookesche Gesetz für den ausgestreckten Draht besagt, dass jedes weitere gleiche Zusatzgewicht eine gleiche Verlängerung bewirkt, oder dass das Verhalten des Drahtes für alle gleichen, nicht zu grossen Zugkräfte ähnlich ist.

Das Joulesche Gesetz der Stromwärme sagt aus, dass die pro Zeiteinheit entwickelte Wärme proportional dem Quadrate der Stromstärke mal dem Widerstande ist oder dass alle verschiedenen Fälle sich ähnlich sind, indem W dividiert durch $i^2 \cdot w \cdot t$ konstant ist.

Wird überhaupt ein Gesetz durch eine Gleichung ausgedrückt, so sagt diese Gleichung aus, dass zwei verschiedene Messungen ausgeführt wurden, die durch die Ausdrücke auf den beiden Seiten der Gleichung dargestellt sind und dass all die verschiedenen Fälle sich insofern gleichen, als die beiden Messungen in der in der Gleichung ausgesprochenen konstanten Beziehung stehen. Eine genaue Voraussage beruht auf der Voraussetzung, dass wir nach Ausführung der Messungen der einen Seite das Resultat jener Messungen angeben können, welche in den Ausdrücken der anderen Seite enthalten sind.

Wenn diese Auffassung der Natur physikalischer Gesetze richtig ist, so wird ihnen offenbar viel von ihrer Erhabenheit genommen. Vor noch gar nicht langer Zeit bezeichnete man sie ganz allgemein als die unabänderlichen Gesetze der Natur und hielt sie für genügend in sich begründet, um die Welt zu beherrschen. Von unserem Standpunkte aus können wir ihnen nur die bescheidene Stellung blosser Beschreibungen zuerkennen, die oft unsicher, oft falsch sind und Ähnlichkeiten zum Ausdruck bringen, die wir beobachtet zu haben glauben.

Die alte Auffassung der Natur, welche in den Gesetzen gleichsam die Herren der Natur sah, entsprang einer viel älteren Ansicht über den Inhalt der Physik und einer Betrachtungsweise physikalischer Erscheinungen, welche bereits von selbst verschwunden ist.

Wie mir scheint, glaubte der Mensch ursprünglich, er müsste alle Bewegungen und Veränderungen beschreiben, indem er sich und die Wirkung seiner Thätigkeit auf die Bewegungen und Veränderungen der Materie zum Vorbild nähme. Bewusst, dass sein Zweck und Wille Bewegungen und Veränderungen in der ihn umgebenden Materie hervorriefen, sah er ähnliche Zwecke und Absichten hinter allen Veränderungen und Bewegungen, die er beobachten konnte; und er glaubte, es sei diese Denkweise notwendig, um die Beobachtungen zutreffend darzustellen. Nach dieser anthropomorphischen — oder vielleicht psychischen — Auffassung waren die Gesetze nicht bloss Beschreibungen ähnlicher Verhältnisse, sondern brachten feste Zwecke und aus ihnen entspringende Wirkungen zum Ausdrucke. Sie waren Gebote, welche an die Materie gerichtet waren, und welchen diese gehorchen musste.

Die psychische Methode, die Einführung von Wille und Zweck, ist noch immer am Platze, wenn es sich um lebende Wesen handelt. Ist sie doch die einzige Methode, zu der wir greifen, wenn wir die Bewegungen unserer Mitgeschöpfe beschreiben wollen. Niemand versucht seine eigenen Bewegungen und Thätigkeiten oder die seiner Mitmenschen zu beschreiben oder zu klassifizieren, ohne auf Ähnlichkeit in den Zielen Bezug zu nehmen, wenn die Thätigkeiten ähnlich sind. Allein der Fortschritt der Naturwissenschaft erwies es als gänzlich bedeutungslos, die Idee von Zweck und Wille hereinzunehmen, wenn es sich um die blosse Beschreibung und Gruppierung der Bewegungen und Veränderungen der leblosen Materie handelt. Auch wenn Zweck und Wille vollständig ausser Betracht blieben, konnte man die beobachteten Bewegungen und Veränderungen beschreiben und künftige Bewegungen und Veränderungen vorhersagen. Indem sich die Physik auf diese Art von Beschreibung und Vorhersage beschränkte, wurde es allmählich klar, dass für den Zweck und im Reiche der leblosen Materie die physische über die psychische Methode siegt. Die Gesetze hörten auf, Gebote oder gesetzliche Verordnungen zu sein und wurden zu reinen Beschreibungen. In der Zeit des Überganges jedoch trat eine bedenkliche Verwirrung ein, die uns jetzt nach vollendeter Entwickelung sonderbar vorkommt, aber zweifellos unvermeidlich war, und es schlich sich die Idee von Zweck und Wille, die die Gesetze ausgedrückt hatten, in die Gesetze selbst ein, sie wurden personifiziert und man liess sie wollen und handeln.

Diese früheren Stufen der geistigen Entwickelung können wir selbst heute noch in sprachlichen Überbleibseln wieder erkennen, die von der Zuerkennung moralischer Eigenschaften an die Materie herrühren. So sagt man jetzt noch von den Gasen, sie „gehorchen" oder „folgen nicht" dem Boyleschen Gesetze, als ob dasselbe eine Verordnung für ihr Verhalten darstellte und ein Ideal, das vollkommene Gas, als Vorbild angäbe. Wir hören noch oft Ausdrücke, als mangele es den wirklichen Gasen an Vollkommenheit, insofern sie den Buchstaben des Gesetzes nicht strenge erfüllen. Demgemäss müssten wir wohl sagen, es sei der Wasserstoff der Vollkommenheit sehr nahe; wir müssten ihn dann aber für übertrieben richtig halten.

für eine Art Pharisäer unter den Gasen, da er in seinem Bestreben, dem Gesetz zu gehorchen, über das Ziel hinausschiesst. Sauerstoff und Stickstoff könnten wir für gewöhnlich für gerade gut genug halten; Kohlendioxyd und Chlor und ähnliche aber wären arme Sünder, welche leicht der Versuchung erliegen und flüssig werden, wenn sie von den Verhältnissen einigermassen bedrängt werden.

In ähnlicher Weise denken wir an moralische Eigenschaften, wenn wir von Körpern mit Rücksicht auf bestimmte Zwecke sprechen, für die wir sie benutzen wollen, wenn wir sie als gute oder schlechte Ausstrahler, gute oder schlechte Isolatoren bezeichnen, gleich als ob sie verpflichtet wären, gut auszustrahlen oder zu isolieren und als wären sie missglückte Naturprodukte, die nicht die gewünschte Qualität erreichen.

Es sind das natürlich nur Kleinigkeiten, allein es wirkt die Sprache so sehr und so empfindlich auf das Denken ein, dass ich selbst auf die Gefahr hin, pedantisch genannt zu werden, die Abschaffung aller derartigen bilderreichen Ausdrücke sehr empfehlen möchte. In unseren quantitativen Schätzungen sollten wir es bei „hoch" oder „niedrig", „gross" oder „klein" bewenden lassen und daran denken, dass es so etwas wie ungenügenden Gehorsam gegen ein physikalisches Gesetz nicht giebt. Von Nichterfüllung eines Gesetzes sprechen heisst einfach eine falsche Darstellung geben.

Mit der Änderung unserer Auffassung physikalischer Gesetze ging eine Änderung unserer Auffassung über physikalische Erklärungen Hand in Hand. Wir brauchen gar nicht weit zurückzugreifen, um Aussprüche zu finden, wie z. B. dass wir eine Sache dann erklärt haben, wenn wir ihre Ursache kennen oder wenn wir sie begründet haben — Aussprüche, die nur in der psychischen Auffassung einen Sinn haben. Ohne uns in eine Auseinandersetzung über die Bedeutung des Wortes Ursache einzulassen, können wir wenigstens das behaupten, dass die Bedeutung nur dann einen richtigen Inhalt bekommt, wenn es sich um Wille und Zweck handelt. In der physischen oder beschreibenden Darstellung ist für die Idee der Ursache kein Platz. In Beschreibungen haben wir nur das „Wie" der Erscheinungen zu behandeln, das „Warum" bleibt absichtlich ausser Betracht. Ein Vorgang ist nicht dann erklärt, wenn wir wissen, „warum" er eintrat, sondern wenn wir zeigen, „wie" er mit einem anderen, anderswo und zu anderer Zeit ablaufenden vergleichbar ist, — wenn wir ihn als Einzelfall in ein bereits aufgestelltes Gesetz einschliessen können. In der Erklärung geben wir nicht Rechenschaft für den Vorgang, sondern wir prüfen unseren Bericht über ihn, indem wir ihn mit bereits Bekanntem vergleichen.

So erklärte z. B. Newton den Fall eines Steines, indem er nachwies, dass seine Beschleunigung gegen die Erde ähnlich und durch dasselbe Gesetz ausdrückbar ist wie die Beschleunigung des Mondes gegen die Erde.

Er erklärte die Luftstörung, welche wir „Schall" nennen, indem er nachwies, dass die Bewegungen und Kräfte in den Druckwellen bereits bekannten Bewegungen und Kräften glichen.

Franklin erklärte den Blitz, indem und insofern er nachwies, dass er sich ähnlich verhielt, wie andere elektrische Entladungen.

Hier möchte ich, ohne den Vorwurf der Pedanterie zu fürchten, mich jenen anschliessen, welche eine Anpassung unserer Ausdrucksweise an die moderne Anschauung verlangen. Es wäre ein sehr wichtiger Gewinn und eine grosse Hilfe einer klaren Denkweise, wenn wir aus physikalischen Darstellungen das Wort „Ursache" entfernen würden, wenn wir aufhörten zu sagen, „Warum" etwas geschieht, ausser wir wollen eine vorhergehende Absicht andeuten, und wenn wir ruhig zugeständen, dass unsere Gesetze nur ausdrücken, „Wie" etwas geschieht.

Das Ziel der Erklärung ist demgemäss, die Zahl der Gesetze möglichst zu beschränken und nachzuweisen, dass anfänglich getrennt stehende Gesetze in einem aufgehen; sowie die Zahl der Abschnitte im Buche der Naturwissenschaften zu vermindern, indem einzelne Abschnitte in Unterabschnitte schon vorhandener verwandelt werden.

In der Sprache eines alten, unverwüstlichen Gleichnisses zu reden — mustert der Physiker das Kleid der Natur, indem er studiert, aus wie vielen oder richtiger wie wenigen Arten von Fäden es gewoben ist, indem er sucht, wie jeder einzelne Faden im Muster verwoben ist und aus dem schon fertigen Teil auf den kommenden schliesst.

Wieviel verschiedene Arten von Fäden benutzt die Natur?

Soweit unsere Erkenntnis reicht, acht oder neun, so viele als es Energieformen giebt, die wir noch getrennt aufführen müssen. Unmöglich aber kann diese Unterscheidung der Wirklichkeit entsprechen. Die Beziehungen zwischen verschiedenen Energieformen und das feste Umwandlungsverhältnis derselben ineinander ermutigen uns zu der Hoffnung, dass wir ihre Zahl noch weiter verringern könnten, wenn wir unsere Sinne noch verschärfen oder unseren Standpunkt verändern könnten. Wir stehen vor dem Webstuhl der Natur und beobachten die Entstehung des Gewebes; während wir einen bestimmten Faden in dem Muster verfolgen, verschwindet er plötzlich und ein anders

gefärbter Faden tritt an seine Stelle. Ist es ein neuer Faden oder ist es der alte nur umgedreht und uns eine andere Seite zukehrend? Wir können nur raten. Die andere Seite ist uns unzugänglich, und selbst die aufmerksamste Beobachtung klärt uns über die Wirkungsweise des Webstuhles nicht auf.

Verlassen wir das Gleichnis. Wären wir wahre Physiker und nur Physiker, so sollten wir, meiner Meinung nach, uns damit begnügen, die beobachteten Energieveränderungen zu beschreiben. Wir hätten z. B. zu sagen, dass so und so viel kinetische Energie verschwindet und so und so viel Wärme auftritt, oder dass so und so viel Licht auf die Oberfläche trifft und so und so viel gemischte Energie an ihrer Stelle auftritt. Aber wir haben uns zu nehmen, wie wir sind und mit der Thatsache zu rechnen, dass wir psychische Wesen sind und nur unsere Materie physisch ist. Und es ist eine nackte Thatsache, dass wir von solchen unzusammenhängenden Beschreibungen nicht befriedigt sind. Wir finden keinen Gefallen an Unstetigkeiten und denken an zu Grunde liegende Gleichheiten. Wärme ist in unseren Gedanken etwas, was einen Moment vorher sichtbare Bewegung war, und Licht ändert nur seine Form und wird selbst chemische Energie. Zu unserem passiven Missfallen an Diskontinuitäten gesellt sich dann unser aktiver Wunsch, ein geistiges Bild zu dem Vorgange zu konstruieren, welches mit irgend etwas Bekanntem Ähnlichkeiten hat. An diesem Punkte versagt unsere gewöhnliche Erklärungsmethode, denn es tritt hier eine Ähnlichkeit wie dort, wo wir Schritt für Schritt Vorgänge verfolgen können, nicht so klar zu Tage. Wir ersinnen dann einfach eine Beschaffenheit der Materie und von Modifikationen derselben, welche einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Arten der Energie herzustellen erlaubt und uns ein Bild für eine bestimmte Energieform zu bilden erlaubt, das wir bei den Verwandlungen beibehalten können. Wir begnügen uns dann aber nicht länger damit zu beschreiben, was wir wirklich sehen oder fühlen, sondern wir beschreiben, was wir nach unserer Meinung sehen oder fühlen müssten, wenn unsere Sinne ungleich schärfer und empfindlicher wären. Wir hören auf, Physiker des Realen zu sein und werden Physiker des Ideellen.

Um solche geistige Bilder zu formen, nehmen wir natürlich den Sinn zu Hilfe, der sie sehr bestimmt macht, d. i. den Gesichtssinn und erdenken eine Materie, welche uns in den Stand setzt, alle verschiedenen Veränderungen mittels der Begriffe sichtbarer Bewegungen und Beschleunigungen zu erklären. Wir entwerfen also ein mechanisches Weltbild.

Was uns in diesem Bestreben sehr ermutigt, ist die Thatsache, dass in dieser mechanischen Auffassung die Beziehungen sich so exakt angeben lassen und dass die Bewegungsgleichungen so fest bestimmt sind. Ferner können wir über eine Reihe von mechanischen Systemen Berechnungen anstellen, welche an Genauigkeit Berechnungen über andere physikalische Systeme weit übertreffen. Man vergleiche nur z. B. die Genauigkeit, mit welcher wir die Bahn eines Planeten angeben und vorherberechnen können und unsere Unkenntnis über die durch die Sonnenwärme hervorgerufenen Bewegungen der Luft. Der Planet folgt der Zeittafel des Astronomen, aber der Wind bläst, von wannen er kommt.

Die einzige Begründung, welche man bisher für diese mechanische Erklärung sich dachte — wir gebrauchen dabei das Wort „Erklärung", um die Gleichheit des Erdachten und thatsächlich Beobachteten zum Ausdruck zu bringen — ist die Atom- und Molekularhypothese der Materie. Diese Hypothese entstand bereits so frühe in der Geschichte der Wissenschaft, dass wir sie geradezu für eine Denknotwendigkeit halten müssen und dass sie eine wesentlich höhere Garantie für ihre Richtigkeit besitzt als irgend eine andere, erdenkbare Hypothese. Ich vermute aber, man würde bei genauerer Verfolgung ihrer ersten Entwickelung finden, dass sie einem Versuche der Erklärung der Ausdehnung und Zusammenziehung, der Verdampfung und Lösung ihre Entstehung verdankt. Wäre die Materie ein Kontinuum, so müssten wir diese Erscheinungen als reine Thatsachen hinstellen, die insofern unerklärbar wären, als sie nichts Anderem glichen. Stellen wir uns aber die Materie als einen Haufen diskreter Teilchen mit Zwischenräumen vor, so ist Zusammenziehung und Ausdehnung nichts weiter als ein Zusammen- und Auseinandergehen des Haufens. Lösung ist nichts weiter als eine Vermengung zweier Haufen, und Verdampfung nichts weiter als eine Zerstreuung von aussen weg. Die augenfälligsten Eigenschaften der Materie gleichen also Vorgängen, die man in irgend einer öffentlichen Versammlung beobachten kann.

Jahrhunderte lang machte die Molekularhypothese keine weiteren Fortschritte. Der erste weitere Schritt war die Einführung der Schwingungsbewegung der Atome, die man zur Erklärung der Wärme heranzog. Dann wurden ihnen bestimmte Eigenschaften zugeschrieben und bestimmte gegenseitige Kräfte eingeführt, um die Elastizität und andere Eigenschaften der Materie zu erklären. Die erste wirklich grosse Leistung bestand aber meiner Meinung nach in der erfolgreichen Erklärung der festen Verbindungsverhältnisse und nächstdem in der Erklärung vieler Eigenschaften der Gase.

Solange Licht für etwas Körperliches — thatsächlich Molekulares gehalten wurde, und solange direkte Fernkräfte keine Schwierigkeiten boten, bildete die Molekularhypothese die einzige Grundlage der mechanischen Darstellung der Erscheinungen. Nachdem aber erwiesen war, dass die beste Darstellung der Lichterscheinungen auf Grund der Annahme, sie seien eine Wellenerscheinung, gegeben werden könnte, wurde, wie Lord Salisbury sagte, etwas nötig, was schwingen konnte und in intermolekularen und interplanetaren Räumen vorhanden war. Es entstand so die Ätherhypothese als eine notwendige Ergänzung jener Molekularhypothese, nach welcher die Materie aus diskreten Partikeln mit materiefreien Zwischenräumen besteht.

Auf Faradays Entdeckung des Einflusses des Dielektrikums auf elektrische Wirkungen hin wurde der Gedanke einer Fernwirkung verlassen und der Äther beigezogen, um die Materie in der Erklärung magnetischer und elektrischer Erscheinungen zu unterstützen. Die Entdeckung, dass die Geschwindigkeit elektromagnetischer Wellen gleich der des Lichtes ist, ist zum mindesten ein leichter (circumstantial) Beweis für die Übertragung beider durch ein und dasselbe Medium.

Ich glaube, wir geben uns alle der Erwartung hin, dass wir noch einmal diesem Medium noch weitere Eigenschaften zuschreiben können, um seine Verwendbarkeit zu erhöhen und die Gravitation zu erklären.

Die mechanische Hypothese hatte nicht immer die dualistische Gestalt materieller Atome und Moleküle, die in einem gänzlich verschiedenen Äther schwimmen. Meiner Ansicht nach ist Boscovichs Theorie von Punktcentren, die von unendlich ausgedehnten Kraftatmosphären umgeben sind, ein Versuch, den Dualismus zu beseitigen und Faradays Theorie von Punktcentren mit ausstrahlenden Kraftlinien ist nur eine andere Form der Theorie von Boscovich. Lord Kelvins Wirbelatome bieten eine noch grössere gedankliche Vereinfachung. Nach ihm ist der ganze Raum von einer kontinuierlichen Flüssigkeit — nennen wir sie flüssigen Äther — erfüllt und die Atome sind nur die Stellen einer speziellen Art von Bewegung dieser reibungslosen Flüssigkeit. Die Atome unterscheiden sich nur durch Verschiedenheit der Lage und der Bewegung. An Wirbelstellen nennen wir die Flüssigkeit Materie; an wirbelfreien Äther. Alle Energie ist Bewegungsenergie. Unsere sichtbare kinetische Energie $\frac{mv^2}{2}$ ist die in und um den centralen Wirbeln vorhandene Energie; unsere sichtbare Energie der Lage und potentielle Energie, sind Bewegungsenergie in den äusseren Gebieten.

Eine ähnliche Vereinfachung bietet Dr. Larmors Hypothese; nach ihr ist abermals der Raum mit einer einzigen kontinuierlichen Substanz erfüllt, nur ist sie diesmal mehr als fest, denn als flüssig vorzustellen. Die Atome sind statt Wirbel die Stellen, wo Spannung besteht und der Äther ist das, was gespannt wird.

Indem wir so das Gewebe des Kleides der Natur genauer betrachten, lösen wir es in Gedanken in Ätherfäden auf, die mit materiellen Kügelchen besetzt sind. Sehen wir näher zu, so lösen sich die materiellen Kügelchen auf, und werden zu blossen Knoten und Schlingen in den Ätherfäden.

Da kommt die Frage: Was bedeuten für uns diese Hypothesen über die Konstitution der Materie und den sie verbindenden Äther? Als was haben wir die von ihnen gelieferten Erklärungen anzusehen? Sollen wir die Atome und den Äther mit den durch unsere Sinne beobachteten Erscheinungen auf gleiche Stufe stellen und wie wahre Dinge um ihrer selbst willen erforschen? Oder bilden sie nur ein Werkzeug in der Forschung nach Wahrheit, die der Abnutzung unterworfen sind oder besseren Ersatz erheischen?

Dass die Materie eine körnige Struktur hat, ist kaum eine andere Aussage, als dass sie sich thatsächlich in dünnen Schichten anders verhält, als in dickeren. Sobald wir aber von dieser allgemeinen Behauptung weitergehen und den Kernen bestimmte Formen oder dem zwischenliegenden Bindemittel bestimmte Eigenschaften zuschreiben, befinden wir uns in reinen Hypothesen.

Es ist schwer denkbar, dass wir jemals ein Atom sehen oder den Äther greifen werden. Wir machen auch keinen Versuch, sie mit unseren Sinnen zu erfassen. Aber wir verknüpfen beobachtete Zustände und Veränderungen der sichtbaren, groben Materie durch eine Maschinerie der Moleküle und des Äthers. Die Veränderungen an den Endgliedern der Maschinerie, die wir klarlegen wollen, gehen in der groben Materie vor sich, und sie ist unser einziges Forschungswerkzeug; niemals erhalten wir einen direkten Sinneseindruck seitens der erdachten Atome oder des Zwischenmittels Äther. Für den Physiker, welcher sich strenge auf Beschreibung beschränkt, würden sie kein weiteres Interesse oder keinen anderen Nutzen bieten, als dass sie zur Voraussage der Veränderungen in der groben Materie gute Dienste leisten.

Offenbar ist es durchaus möglich, verschiedenerlei Mechanismen anzugeben, die die bekannten Wirkungen hervorbrächten. Der von uns angenommene Typus erfährt fortwährend kleine Umänderungen, indem neue Entdeckungen eine neue Anordnung der Einzelteile erfordern. Sollte es da ganz unmöglich sein, dass der ganze Typus geändert wird?

Der spezielle Molekül- oder Äthermechanismus, welchen wir erwähnten und den man jetzt allgemein angenommen hat, wurde gewählt, weil der Gesichtssinn in uns am höchsten entwickelt ist. Wäre es anders, hätten wir einen noch feineren Sinn als den Gesichtssinn, der uns eine geistige Vorstellung leichter machte, so hätten wir möglicherweise ganz verschiedene Hypothesen ersonnen. Indessen können wir, so wie wir sind, keinen vollkommeneren Typus uns denken als den auf Gesichtseindrücken beruhenden; wir könnten uns einen minderwertigen denken und wollen einmal zur Kennzeichnung des Hauptpunktes den Sinn nehmen, über welchen mein Vorgänger im letzten Jahre sprach — den Geruchssinn. In uns ist derselbe sehr wenig entwickelt. Aber denken wir uns einmal ein Geschöpf, in dem er sehr hoch entwickelt ist, wie z. B. einen hypothetischen Hund, dessen Verstand sehr weit ausgebildet ist. Angenommen er versucht, eine Lichthypothese aufzustellen. Da er weiss, wie leicht sein Geruchssinn durch oberflächliche Ausdünstungen erregt wird, wird er ganz natürlich eine Korpuskulartheorie des Lichts entwickeln und durch sie befriedigt sein. Wenn er die Thatsachen der Dispersion entdeckt, wird er sich die verschiedenen Farben als verschiedene Arten von Geruch vorstellen — die für ihn selbst nicht direkt wahrnehmbar sind, aber von einem noch besser begabten und noch mehr hypothetischen Hunde direkt empfunden werden könnten.

Natürlich könnten wir, mit unserem höheren Intellekt und unserer schärferen Auffassungsgabe, sehen, wo seine Hypothese zusammenbricht; aber wenn wir nicht annehmen, dass unsere Sinne ihre höchste Entwickelung schon erreicht haben, wird unser Beispiel, so derb es auch ist, zeigen, dass unsere Hypothesen mehr nach uns sich richten als nach der Natur, dass sie mehr subjektiv als objektiv sind und demgemäss nur als Werkzeuge und Hilfsmittel betrachtet werden können, zu denen wir in der Erforschung der Wahrheit greifen.

In der Ausdrucksweise eines alten Gleichnisses — und wir müssen uns hier auf Gleichnisse beschränken — müssen wir sagen: während das Weltgebäude von selbst von innen heraus wächst, können wir sein Bild, das wir in den beschreibenden Naturwissenschaften zu konstruieren versuchen, nur mit Hilfe eines Gerüstes an der Aussenseite, eines Gerüstes von Hypothesen, konstruieren. Während im wirklichen Bau alles zusammenhängt, stehen in unserem Modelle einzelne Partien gesondert und müssen mit dem Rest vorübergehend durch Leitern und Treppen in Verbindung gesetzt werden oder müssen gesondert gestützt werden, bis wir die Unterstruktur erkennen. Um die Hypothesen so sicher zu gestalten wie die Thatsachen es sind, muss das vorübergehend verwendete Rüstzeug ein wesentlicher Teil des Baues selbst werden.

(Schluss folgt.)

BESPRECHUNGEN.

E. von Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik. gr. 8. Siebente Auflage, herausgegeben von Walter König. X u. 574 Seiten mit 1 Porträt, 430 Figuren und 1 Tafel. Leipzig, J. A. Barth. 1900. Preis M. 6,40.

H. Kayser, Lehrbuch der Physik für Studierende. Dritte Auflage. gr. 8. X u. 584 Seiten mit Abbildungen. Stuttgart, Ferd. Enke. 1900. Preis 11 M.

E. Warburg, Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende. Fünfte Auflage. gr. 8. XX u. 403 Seiten mit 410 Abbildungen. Tübingen, J. C. B. Mohr. 1901. Preis 7 M.

An vortrefflichen Lehrbüchern der Physik ist bei uns kein Mangel mehr; jeder Geschmack findet sowohl in der Art der Darstellung, wie in der Reichhaltigkeit des bewältigten Stoffes seine Rechnung. Von den kleineren Kompendien sind die drei oben genannten, in neuer Auflage erschienenen, diejenigen, die den festesten Fuss gefasst haben. Das Lommelsche Buch hat in 6 Jahren 5 von seinem Autor selbst auf den neuesten Stand ergänzte und gefeilte Auflagen erlebt. Die vorliegende neueste Auflage ist in liebevoller Anlehnung an die Eigenart und die Absichten des am 19. Juni 1899 dahingeschiedenen Verfassers von Walter König besorgt. An einigen Stellen, namentlich in den Kapiteln über die Theorie der Lösungen, die elektrolytische Leitung und die Wirkungsweise der galvanischen Elemente sind den modernen Anschauungen der elektrochemischen Vorgänge entsprechende Änderungen vorgenommen, die entschieden als Verbesserungen empfunden werden. Ein beigegebenes gutes Porträt E. v. Lommels ehrt das persönliche Andenken des Verstorbenen.

Wie der Herausgeber treffend sagt, liegt die Eigenart des Lommelschen Buches in der Art der Darstellung, die breit und behaglich, wo es geht, an die alltägliche Erfahrung anknüpfend, die physikalischen Lehren den Lesern so mundgerecht, wie irgend möglich zu machen

sucht. Dazu kommt eine erstaunliche Reichhaltigkeit und — nicht das Fehlen, aber in den grossgedruckten Teilen — das Zurücktreten des mathematischen Ausdrucksmittels. Das sind Eigenschaften, die dem Buche seine Freunde aus allen den Kreisen erworben haben, die Physik mehr kursorisch treiben; die einmal möglichst mühelos erfahren wollen oder sollen, von was man alles in dieser Wissenschaft zu berichten weiss; so bei den jungen Medizinern und Chemikern. Vortrefflich eignet es sich auch für den ernsten Autodidakten, der sich in dem physikalischen Gebiete orientieren will.

Es ist sicher, dass sich diese Art der Darstellung bei dem breiteren Publikum grosser Beliebtheit erfreut; doch darf man ihre Gefahren nicht unterschätzen. Die Leichtigkeit und gleichsam Selbstverständlichkeit, mit der sie in den Stoff vordringt, und die an das Nachdenken und Selbstfinden des Lesers kaum mehr appelliert, führt leicht zur Überschätzung der schon erworbenen Kenntnisse und zur Unterschätzung der Schwierigkeit des Stoffes, wie man im physikalischen Praktikum manchmal Gelegenheit hat zu erfahren. Es ist eine Methode, welche vorzüglich das Kennen, aber — bei dem Normalleser — weniger gut das Können schult.

Auf das letztere, die Schulung des Könnens, mit weisem Verzicht auf möglichste Reichhaltigkeit, zielt überwiegend die Darstellung des Kayserschen und des Warburgschen Werkes. Beide lassen auf keiner Seite vergessen, dass man es mit einer schwierigen, das ganze Denken vollauf in Anspruch nehmenden Materie zu thun hat. Der Stoff, den sie behandeln, wird auf die absolut festgegründeten Ergebnisse der Wissenschaft beschränkt. Aber an diesem exakt methodisch behandelten Stoffe erfährt der Geist des Lesers die strenge und gewissenhafte Schulung, die er zum Können, zum späteren selbständigen Vertiefen in die physikalische Wissenschaft braucht. Ist das Lesen des Lommelschen Buches ein Vergnügen, so ist das Studieren der beiden andern eine Arbeit, ein ernstes Ringen nach den schwierigen Grundbegriffen der Physik. Aber nur diese Arbeit führt meines Erachtens tiefer zu der wissenschaftlich klaren Anschauung, die befähigt, auch in einer ungewohnten Erscheinung die Zusammenhänge zu erkennen und zu beherrschen. Und soll nicht die Beschäftigung mit Physik z. B. den jungen Medizinern und Chemikern gerade das vermitteln?

Das Kaysersche Buch ist in seiner Methode mehr theoretisch deduktiv, die beiden andern induktiv gefasst. Das Lommelsche und Warburgsche stehen sich in diesem Punkte nahe, nur dass Warburg einen gewissen Lapidarstyl bevorzugt, der die Schlüsse dem Leser möglichst selber überlässt und vor allem auf eine prägnante, knappe und klare Formulierung der Thatsachen und abgeleiteten Begriffe Wert legt.

In den Neuauflagen des Kayserschen und Warburgschen Werkes sind nur wenige wesentliche Änderungen oder Zusätze gegen früher gemacht.

Die Anordnung des Stoffes ist in allen drei Werken die althergebrachte. Es ist mehrfach, so von Lommel in der Vorrede zur ersten Auflage, neuerdings wieder von Wiener betont worden, dass diese Anordnung, weil sie sich an die geschichtliche Entwicklung anlehnt, die naturgemässe, dem Menschengeiste am besten angepasste sei: „Denn nach dem biogenetischen Grundgesetz macht jedes Lebewesen in abgekürzter Folge die Entwicklung seines ganzen Stammes durch.“ [1])

Indessen lässt sich heute die Notwendigkeit, den ganzen Stoff anders zu gruppieren, als es dem geschichtlichen Werdeprozess entspricht, kaum mehr von der Hand weisen. Ganz unvermittelt stellt dieser alte Gang z. B. nebeneinander Elektrostatik, Magnetismus, galvanischen Strom und galvanisches Element, Elektrolyse, Polarisation, elektrische Schwingungen. Erst sehr spät kann dabei die grosse theoretische Einheit zu Worte kommen, zu der doch alle diese sprunghaft erforschten Kapitel jetzt so harmonisch zusammengefügt sind. Ist nicht der von vornherein sprunglose, stetige Aufbau des Gebäudes auf breiter Basis vorzuziehen? Der historische Gang führt gleichsam von einem dunklen Korridor der Reihe nach in verschiedene Zimmer und lehrt, sich in jedem Zimmer zurechtzufinden. Am Schlusse wird dann der Grundrisss vorgenommen und gezeigt, dass die Zimmer zu einem einheitlichen Bau gehören, und dass man sehr bequem von einem Zimmer ins andere gelangen kann. Wie befriedigend aber lässt sich heute in stetiger Linie vordringen, z. B.: Magnetismus und Kraftlinienbegriff, Kraftfeld des Stromes, woraus sofort die ganzen ponderomotorischen Wirkungen der Stromphänomene folgen; geschnittene Kraftlinien und Begriff der E.M.K., wo sich ganz naturgemäss über die Induktion am ungeschlossenen Stromkreise Elektrostatik anschliesst; Induktion am geschlossenen Kreise zeigt das Ohmsche Gesetz für Wechsel- und Gleichstrom; Selbstinduktion, Widerstand, Stromwärme; Elektrolyse, Dissoziationstheorie, Polarisation, Theorie der galvanischen Kette und des Akkumulators; elektrostatisches Feld und elektrische Schwingungen, Lehre von der Strahlung und Strahlungsgesetze; Optik; Elektro- und Magnetoptik. — Es ist eine Freude, wie sich bei diesem Gange

1) O. Wiener, Die Erweiterung unserer Sinne, Seite 4. Leipzig 1900.

das Einzelne wie von selbst zum Ganzen fügt. Gerade auch die biogenetischen Gesichtspunkte weisen darauf, dass neue Wachstumsbedingungen neue Wachstumswege zur Folge haben. Heute wächst man auf, umgeben auf Schritt und Tritt von dem elektrischen Strome und seinen Äusserungen. Da muss auch der Unterricht an andere Grundlagen anknüpfen und andere Wege führen wie früher. Das biogenetische Grundgesetz ist ein Spezialfall des Prinzips vom kleinsten Zwange. Je weniger Sprünge der Geist zu machen hat, desto kleineren Zwang erfährt er auf seinem Wege zum Verständnis, desto leichter findet er auch den Weg wieder, den er einmal gegangen ist. H. Th. Simon.

(Eingegangen 30. Juli 1901.)

K. Polstorff, Leitfaden der qualitativen Analyse und der gerichtlich-chemischen Analyse. gr. 8. 144 S. Leipzig, S. Hirzel. 1901. 2 M.

Der Leitfaden ist offenbar für den Studierenden zur Ergänzung und Unterstützung der mündlichen Unterweisungen des Dozenten beim analytischen Arbeiten bestimmt. Dementsprechend enthält das Werk die analytisch wichtigen Reaktionen auf Metalle und Säuren, welche durch Text und Gleichungen erläutert werden; die Prüfungen auf trockenem Wege, die Methoden der Auflösung und Aufschliessung, die ihrer Wichtigkeit gemäss mit Sorgfalt behandelt sind; den gebräuchlichen analytischen Gang der Trennung der Basen, von dem Verfasser nur insofern abweicht, als er zur Prüfung auf das Vorhandensein der gesamten Metalle der Erdalkaligruppe Dinatriumphosphat anwendet. Vermissen möchte man am Schluss der Besprechung der einzelnen analytischen Gruppen eine tabellarische Übersicht über den Gang der Trennung, wodurch das Arbeiten wesentlich erleichtert wird. Da durch den vorhergehenden Text stets genügende Begründungen gegeben sind, würde auch die Gefahr ausgeschlossen sein, den Studierenden durch derartige Tabellen zum mechanischen Arbeiten zu verleiten.

Für die Trennung der Säuren untereinander, die wegen des Mangels an Systematik stets ein schwierig zu behandelndes Kapitel darstellt, ist nach Möglichkeit eine Gruppierung unter gemeinsame Gesichtspunkte durchgeführt.

Im zweiten Teil des Buches, welcher die gerichtlich-chemische Analyse enthält, giebt der Verfasser die Methoden der Untersuchung auf Phosphor, Blausäure, die wichtigsten giftigen Pflanzenstoffe und die Metallgifte wieder. Diese Anordnung des Inhalts macht den Leitfaden geeignet, dem Unterricht im pharmazeutischen Laboratorium zu dienen. Paradies.

(Eingegangen 27. Juli 1901.)

A. Classen, Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. gr. 8. Erster Band. Unter Mitwirkung von H. Cloeren. XX u. 940 S. mit 78 Abbildungen u. 1 Taf. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1901. Gebdn. 20 M.

Das neu erschienene Werk Classens soll dem Vorworte nach in erster Linie dem bereits in der Technik stehenden Chemiker dienen, dem Studierenden der Chemie soll es nur insoweit ratend zur Seite stehen, als dieser selbst schon mit den Methoden der analytischen Chemie vertraut ist. Dass das Buch diesen Anforderungen, die der Verfasser selbst gestellt hat, vollständig gerecht wird, geht aus der Behandlung des Stoffes in genügender Weise hervor.

Der erste Band, welcher bisher erschienen ist, enthält die Reaktionen zum qualitativen Nachweis und die Methoden zur quantitativen Bestimmung und Trennung der Metalle. Die Anordnung des Materials ist nach der Gruppeneinteilung gewählt, wie sie durch die qualitative Analyse gegeben ist. Hierbei sind einem jeden Metall zunächst die gebräuchlichen Reaktionen für den qualitativen Nachweis in leicht fasslicher Kürze vorangestellt; daneben finden stets spezielle Fälle Berücksichtigung, die für den technischen Chemiker von Interesse sind. Besonders eingehend sind dann die Methoden für die quantitative Bestimmung und Trennung behandelt, so zwar, dass gewichtsanalytische, massanalytische und elektrolytische Methoden nacheinander abgehandelt werden. Dem schliessen sich quantitative Trennungen und spezielle Methoden für die Analyse von Erzen und technisch wichtigen Produkten an. So werden z. B. im Anschluss an das Aluminium die Analyse des Cements, der Thone, der Gläser, beim Calcium die Bestimmungen der Phosphorsäure in den Superphosphaten, beim Beryllium die wichtig gewordenen Methoden zur Bestimmung seltener Erden u. s. w. besprochen. Diese Anordnung macht das Werk, das sich durch Aufnahme neuer Methoden dem jüngsten Stande der Forschung anpasst, wertvoll als Ratgeber für den technischen Chemiker; dem vorgeschrittenen Studierenden giebt es durch die elegante und übersichtliche Behandlung des Stoffes Gelegenheit, sich schon während des Studiums in bequemer Weise mit wichtigen technischen Methoden vertraut zu machen. Daneben ergänzen zahlreiche Litteraturangaben und eine Reihe von Abbildungen wichtiger analytischer Apparate das Werk in vorzüglicher Weise.

Paradies.

(Eingegangen 27. Juli 1901.)

Personalien.

An der Universität Zürich erhielt die venia legendi für Chemie Dr. P. Pfeiffer.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 50. 14. September 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über den Flüssigkeitsunterbrecher.

Von D. A. Goldhammer.

(Eine Erwiderung.)

In Jahrgang **2**, 614, 1901 dieser Zeitschrift bespricht Herr E. Ruhmer die von mir mit Herrn J. J. Aristow zusammen[1]) vorgeschlagene Form des Lochunterbrechers und findet darin manche „schwerwiegende Nachteile", welche die Brauchbarkeit des Apparates „als technisches Instrument überhaupt auszuschliessen scheinen".

Über die Frage zu streiten, was einfach und was kompliziert ist, würde mich hier zu weit führen. Was die Kostspieligkeit anbetrifft, so kostet uns das ganze Material einer „Batterie" aus zwei Zellen (en détail gekauft) nur etwa 20 Mark. Da dabei in mehreren Fällen auch jede Zelle separat gebraucht werden kann, so hat man hier eigentlich zwei Unterbrecher. Ist es teuer oder billig?

Auf die „Neuheit" unserer Form haben wir keinen Anspruch ausgesprochen; wir fanden nur die Form faktisch bequem — für Laboratoriumszwecke — und wollten darüber die Fachgenossen benachrichtigen. Die Parallelschaltung zweier Unterbrecher und deren Verbindung untereinander mittelst Hebern soll nach Herrn E. Ruhmer das unregelmässige Arbeiten des Unterbrechers „erheblich vergrössern". Ob das wirklich der Fall ist, wird das Experiment entscheiden. In betreff aber des von Herrn E. Ruhmer mitgeteilten einfachen Experimentes bemerke ich nur, dass dasselbe allerdings nicht das beweist, was es beweisen sollte. Dass eine Druckdifferenz auf den beiden Seiten des Lochdiaphragma die Wirkung des Unterbrechers stört oder ganz aufhebt, ist vollkommen richtig; gerade aber um diesen schädlichen Druckunterschied auszugleichen, verwenden wir Heber. Sind nämlich A_1, A_2 die Porzellan-, B_1, B_2 die äusseren Glasgefässe, und steigt die Flüssigkeit in A_1, so muss dasselbe auch in A_2 stattfinden; dann fliesst die Flüssigkeit durch die Heberröhren von A_1 zu B_2 und von A_2 zu B_1, womit nicht nur die Niveaudifferenz behoben, sondern alles in seinen ursprünglichen Zustand gebracht wird. In welcher Weise nun diese stetige Unterhaltung des anfänglichen Zustandes der Flüssigkeiten störend wirken kann, ist mir unklar geblieben.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass die „Müdigkeit" des Lochunterbrechers nicht von der Form desselben, sondern von der Bildung einer Art von Schaum aus kleinen Gasblasen abhängt. Eine Batterie mit sehr kleinen Löchern hatten wir noch nicht gebraucht; die Beobachtung bezieht sich auf eine einfache Zelle. Die Ursache der Erscheinung liegt auch nicht in der Niveaudifferenz, da der Strom nur mehrmals auf sehr kurze Zeit geschlossen wurde. Wenn diese „Müdigkeit" bei den anderen Unterbrecherformen noch nicht bemerkt wurde, so wäre der Grund davon in der Thatsache zu suchen, dass die Löcher nicht genügend klein waren.

Dorf Potschinki bei Kasan, 10. Aug. 1901.

(Eingegangen 16. August 1901.)

1) Diese Zeitschrift **2**, 557, 1901.

Untersuchungen über die Natur des Blitzes.

Von K. R. Koch.

Nachdem jetzt (Mitte August) für Süddeutschland die Periode der Gewitter vorüber ist (entsprechend der hier bekannten Wetterregel:

Lorenz[1])
Das Wetter[2]) verschlenzt),

möchte ich über die in diesem Sommer von mir angestellten Versuche, um die Natur des Blitzes festzustellen, berichten.

Die Veranlassung zu diesen Untersuchungen

1) Laurentiustag d. 10. August.
2) Wetter, d. h. Wetterwolke.

bildete eine, wenn ich nicht irre, im Jahre 1895 zufällig von mir gemachte Beobachtung. Ich führte während eines Gewitters eine galvanische Messung aus und beobachtete, wie bei einem auftretenden Blitzschlag der Galvanometerausschlag plötzlich sich enorm vergrösserte und vergrössert blieb. Damals war durch die Untersuchungen von Lodge die Aufmerksamkeit auf die Branley'schen Beobachtungen am Kohärer gelenkt worden und ich vermutete sofort, dass Ähnliches auch hier vorliegen möchte. Eine Untersuchung des eingeschalteten Widerstandskastens ergab in der That, dass an einer Stelle die Stöpselung ungenügend ausgeführt war. Einige Zeit darauf erfuhr ich durch Herrn Baurat Findeisen[1]), dass häufig Blitzableiter von ungenügendem (galvanometrisch bestimmten) Leitungsvermögen (z. B. eiserne mit verrosteten Kontaktstellen) doch häufig in durchaus genügender Weise bei Blitzschlägen funktioniert hatten und ich vermutete (vgl. meine Mitteilungen E. T. Z. **18**, 232 u. 639, 1897), dass in solchem Falle durch vorhergegangene Blitze der ungenügende Leiter nach Art des Kohärers in einen guten Leiter verwandelt wäre. Über die Wirkungsweise eines Kohärers stand bis vor kurzem folgendes fest: Die spezifische Beeinflussung (Widerstandsabnahme) des Kohärers tritt ein:

a) Wenn derselbe von elektrischen Oszillationen getroffen wird,
b) wenn ein hohes Potential in seiner Nähe plötzlich erzeugt wird.

Mir schien nur die erste Möglichkeit in Betracht zu kommen und ich glaubte mich deshalb zu dem Schlusse berechtigt, dass der Blitz eine oszillatorische Entladung sei[2]), weil er auf den Kohärer wirkte. Allerdings möchte vielleicht doch auch die folgende Auffassung erlaubt sein. Auch bei einem einfachen Ausgleich hoher Potentiale (ohne eigentliche Oszillationen) möchte die Induktionswirkung nach aussen dieselbe sein, ob der veränderliche Stromzustand nur einmal in einer Richtung oder mehrmals abwechselnd in entgegengesetzter stattfindet; man würde dann solchen einfachen Ausgleich hoher Potentiale als Oszillation von $1/2$ Periode auffassen können. Die Wirkung auf den Kohärer würde dann verständlich sein und ebenso würden alle Betrachtungen über die auftretende Impedanz bei Blitzableiteranlagen etc. zu Recht bestehen bleiben.

1) Verfasser des Buches: Ratschläge über den Blitzschutz der Gebäude. Berlin 1899.

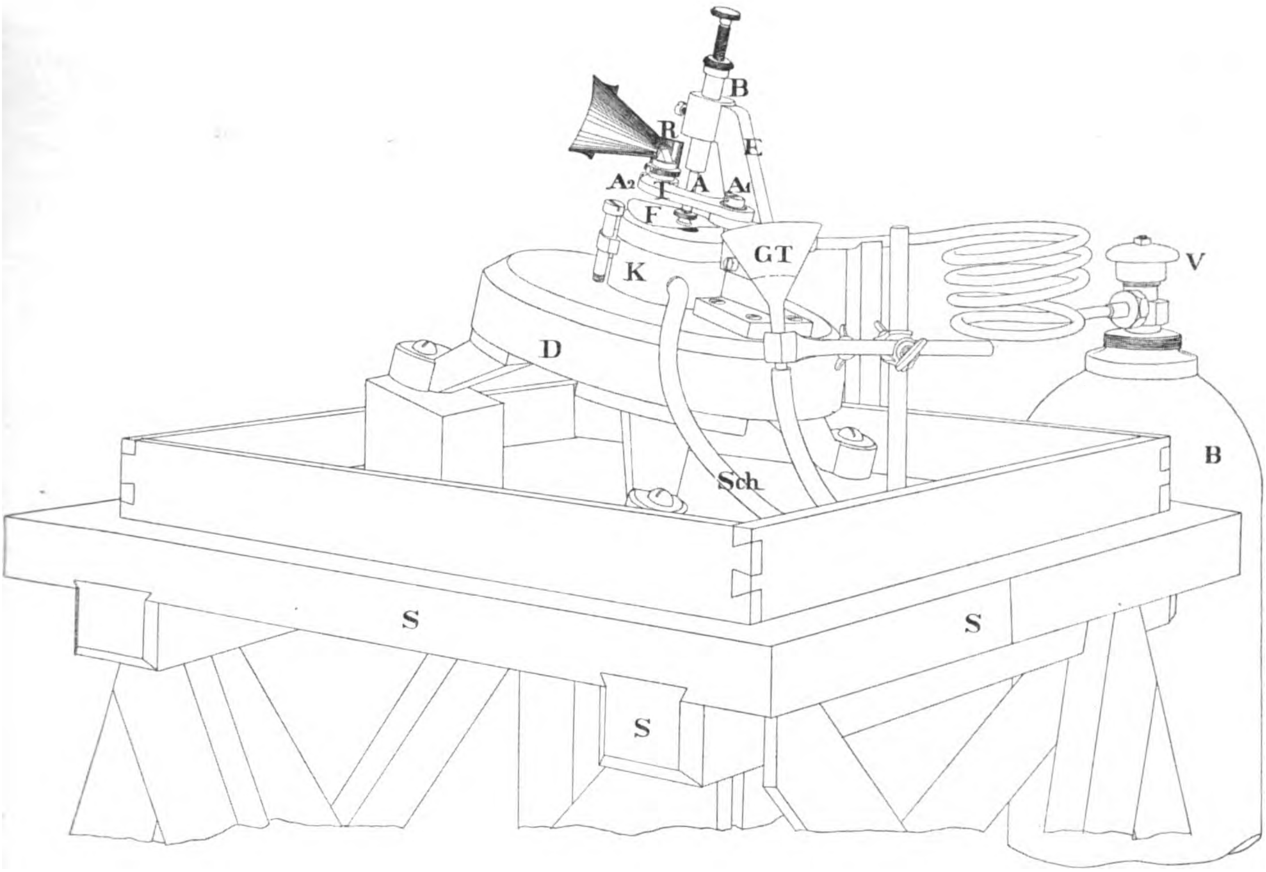
2) Vergl. über den Einfluss des Blitzes auf den Kohärer die Mitteilungen von Herrn E. Englisch an die Redaktion der E. T. Z. (E. T. Z. **18**, 730, 1897) und die neueren Arrangements des Herrn Boggis-Lera (Atti dell' Academia Givenia di Scienze Naturali in Catania Vol. XIII, Serie 4a), (Referat: Met. Ztschr. 1901, Heft 3); J. Fényi: Über einen Gewitterregistrator (Met. Ztschr. 1901, Heft 7, S. 321 ff.).

Der Blitz wird gewöhnlich mit einer Kondensatorentladung verglichen; die eine Belegung bildet die Wolke, die andere die Erde. Wenn hierbei vorausgesetzt wird, dass die Entladung dieses Kondensators in gewöhnlicher Weise stattfindet, so scheint mir dieser Vergleich nicht ganz zutreffend zu sein, vielmehr möchte ich den Blitz mit dem Vorgang, der bei einer Durchschlagung einer Leydener Flasche stattfindet (also Entladung des Kondensators durch sein eigenes Dielektrikum hindurch), in Beziehung setzen. Auch eine solche Entladung wird oszillatorisch sein, wenn der Gesammtwiderstand hierbei unter einer gewissen Grösse, nämlich $2\sqrt{L/S}$ bleibt. Ich wage bei der Schwierigkeit, zu bestimmten Vorstellungen über die Grössen L und S (Selbstinduktionskoeffizient und Fläche) zu kommen, keine Berechnung.

Unter diesen Umständen schien es mir der Mühe wert, eine direkte experimentelle Untersuchung über die Natur des Blitzes (ob er oszillatorisch sei) anzustellen.

Zur Beobachtung bediente ich mich eines von der bekannten Firma Prof. M. Th. Edelmann in München gelieferten Apparates (nach Feddersen) zur Beobachtung und Photographie von Oszillationen bei der Entladung eines Kondensators, der in der Werkstatt des hiesigen physikalischen Instituts in folgender Weise abgeändert wurde, so dass der von mir benutzte Apparat folgende definitive Form erhielt. (Siehe Figur.

Auf einem soliden hölzernen Stativ (S) ist in schräger Lage (um die in ca. 45—50° Höhe liegende Gegend des Himmels in der Mitte des Gesichtsfeldes zu haben) der massive Dreifuss (D) des Feddersenschen Apparates aufgeschraubt. Derselbe trägt eine Kapsel (K), in der die Turbine (T), deren Achse (A) ist, sich befindet; mit Hilfe der in der Bombe (B) unter hohem Druck befindlichen Kohlensäure wird die Turbine, welche die photographische Folie (F) senkrecht zu ihrer Achse trägt, in sehr schnelle Rotation versetzt. Die Tonhöhe des hierbei entstehenden pfeifenden Tones giebt eine ungefähre Schätzung der Umdrehungszahl; je nach der Stellung des Ventilhahnes (V) an der Bombe lässt sich diese zwischen einigen hundert und tausend Umdrehungen in der Sekunde verändern. An dem Arme (A), der das obere Lager der Turbinenachse trägt, war seitlich ein Arm (A_2) angebracht, der den optischen Apparat trug, dieser bestand aus einer Linse von kurzer (ca. 2 cm) Brennweite; über derselben befand sich ein kleines Reflexionsprisma (R). Vermittelst Linse und Prisma entstand auf der photographischen Folie (F) dann das Bild. Der in Höhe verstellbare Glastrichter (GT) war mit Schmieröl gefüllt, das durch den Schlauch (Sch) dem unteren Achsenlager der Turbine zugeführt wurde, das obere cylindrische Achsenende der Turbine



wurde durch eine Schmierbüchse (B') (mit konsistentem Fett beschickt) unter Fett gehalten.

Über das Ganze war ein Kasten gestülpt, z. T. mit rotem Glase versehen, sowie mit Öffnungen für die Hände des Beobachters und an den Öffnungen befestigten Ärmeln, um in bekannter Weise in dem lichtdichten Kasten manipulieren zu können, ohne ihn öffnen zu müssen. Gegenüber dem Prisma (*Pr*) besass der Kasten einen grossen runden Ausschnitt, von dem ein konisch geschnittener Sack bis zu einem Metallkonus reichte, der über das Prisma gestülpt wurde; so hatte nur Licht, welches durch diese Öffnung und Prisma und Linse gegangen war, Zutritt in das Innere des Kastens. Zu dem Apparate gehörten 3 verschiedene Turbinen, an deren Achsen vorher die photographischen Folien befestigt wurden, die in einem geschlossenen Kästchen in den Apparat gebracht wurden. Unter Benutzung der lichtdichten Öffnungen am Kasten, konnte dann nach Zurückklappen des beweglichen Armes (A_2) die Auswechslung der Turbinen vorgenommen, also 3 Aufnahmen miteinander gemacht werden.

Zur Probe war die Entladung einer Leydener Flaschenbatterie photographiert, bei der 12 Oszillationen deutlich zum Vorschein kamen. Dass die Beobachtungen auf die Nachtgewitter beschränkt waren, ist selbstverständlich; es gelangen in fünf Nächten derartige Aufnahmen, allerdings nicht mit dem erwarteten Erfolg. Es ist mir bei keinem der Blitze gelungen, die so charakteristische Form der Oszillationen zu erhalten. Hierbei ist jedoch folgendes in Erwägung zu ziehen. Schon bei einem mässig starken Gewitter folgen die Blitze verhältnismässig schnell aufeinander; es wird sich deshalb nicht vermeiden lassen, dass ausser einem vertikal verlaufenden Blitz, nach dessen Auftreten sofort die Belichtung unterbrochen wurde, auch andere Blitze, die in anderer Richtung verliefen, die Platte belichtet haben; scharf markiert zeigen sich nur verhältnismässig nahe Blitze, deshalb waren auf den meisten Platten nur unregelmässige Schwärzungen zu beobachten. Nur einige wenige Aufnahmen zeigen auf der Folie axial verlaufende, einseitig scharf begrenzte Schwärzungslinien, die nach der anderen Seite hin abgetönt (ähnlich einer spektralen Bande) verlaufen; eine Wiederholung einer solchen Linie, die mithin auf eine Oszillation hindeuten würde, war auf den bisher erhaltenen Photogrammen nicht zu bemerken. Hierbei darf ich jedoch nicht unerwähnt lassen, dass meine Versuche nicht vom Glücke begünstigt waren und dass es mir nicht gelungen ist, einen in grösserer Nähe niederfahrenden Blitz zu fixieren.

Es erscheint mir deshalb trotz dieses nega-

tiven Resultates doch die Frage nach der oszillatorischen Natur des Blitzes noch eine offene zu sein.

Stuttgart, Physikal. Institut der Techn. Hochschule. 21. Aug. 1901.

(Eingegangen 22. August 1901.)

Eine Beobachtung bezüglich der spektralen Empfindlichkeit verschiedener Arten ungefärbten Bromsilbers.

Von Lüppo-Cramer.

Dass sich die Kurve der Wirkung des Spektrums auf die Silberhalogenide mit der Bereitungsweise der letzteren ändert, ist durch die genauen Bestimmungen von Eder[1]) schon vor längerer Zeit nachgewiesen worden. Die Unterschiede beziehen sich indessen hauptsächlich auf die immerhin nur geringe Verschiebung des Maximums der Wirkung zwischen dem äussersten Ultraviolett und *F*; und die Verschiedenheiten, welche im Verhalten gegen die weniger brechbaren Strahlen sich geltend machten, scheinen so gering zu sein, dass nur die exakten spektrographischen Untersuchungen Eders im stande waren, einen nennenswerten Unterschied festzustellen. In der Praxis gilt überdies allgemein als anerkannt, dass, je höher die Gesamtempfindlichkeit einer Emulsion, desto höher auch die Empfindlichkeit gegen das rote Licht der Dunkelkammer sei und sein müsste.

Eine zufällige Beobachtung des Verfassers zeigte, dass in gewissen Fällen gerade das Gegenteil der Fall ist und dass die Empfindlichkeit gegen das weniger brechbare Ende des Spektrums bei ungefärbten Emulsionen verschiedener Herstellung anscheinend ganz unabhängig ist von der Empfindlichkeit gegen Blauviolett.

Versuche, die ich zur eigenen Orientierung über die Bedeutung der Vorbelichtung anstellte, zeigten mir zunächst, dass durch kurze Bestrahlung einer Momentplatte mit dem Rot und etwas Gelb durchlassenden Lichte einer mit Kupferoxydulüberfangglas bekleideten Glühbirne keinerlei Empfindlichkeits-Steigerung konstatiert werden konnte. Succesiv aufsteigende Vorbelichtungen ergaben das Resultat, dass entweder gar keine Wirkung oder ein mehr oder weniger starker Schleier auftrat, der sich jedoch einfach zu dem bei der eigentlichen Exposition erhaltenen Bilde addierte und so ein Negativ lieferte, dessen Unterschied gegenüber einer nicht vorbelichteten Platte nicht als Folge einer gesteigerten Empfindlichkeit angesehen werden kann. Da die historischen Angaben von Eder[2]) über die Vorbelichtung auch darauf schliessen liessen, dass eine Wirkung der Vorbelichtung hauptsächlich nur bei wenig empfindlichen Emulsionen konstatiert werden kann, so griff ich nach sogen. Diapositiv-Platten aus reinem Bromsilber. Die Prüfung in der Kamera ergab, dass die betr. Emulsion ungefähr den 10ten Teil der Empfindlichkeit der Momentplatte hatte, und zur Probe auf die Wirkung der Vorbelichtung wurde deswegen der wenig empfindlichen Platte auch eine 10fach längere Exposition bei rotem Lichte erteilt. Zu meiner Überraschung zeigte sich, dass das 10fache der Vorbelichtungszeit, welche bei der Momentplatte (im folgenden „*M*") nur einen ganz schwachen Schleier[1]) erzeugt hatte, die Diapositiv-Platte („*D*") total verschleiert hatte.

Weitere Variationen bezüglich relativer Belichtungsdauer der beiden Plattensorten ergaben, dass auch bei gleicher Exposition bei rotem Lichte die Platte „*D*" sich viel stärker schwärzte als „*M*".[2])

Zur weiteren Prüfung dieses merkwürdigen Verhaltens wurde eine Lampe konstruiert, welche gestattete, das Licht der Glühlampe durch Küvetten von 2 cm Dicke, die mit verschieden gefärbten Lösungen gefüllt wurden, sorgfältig zu filtrieren.

Für blauviolettes Licht wurde eine stark konzentrierte Lösung von Kupferoxyd-Ammoniak verwandt, welche nur die Strahlen durchlässt, welche für die normale Belichtung der photographischen Platte allein eine Rolle spielen[3]), als Rotgelb noch eine Erythrosinlösung 1 : 400 benutzt, welches in der angegebenen Schichtdicke keine Spur Blau durchlässt. Es zeigte sich, dass Platte „*M*" gegen blaues Licht erheblich empfindlicher war als „*D*", dass bei rotem Lichte das Verhältnis jedoch stets umgekehrt war.

Die hohe Empfindlichkeit der Platte „*D*" gegen rotes Licht erschien mir so auffallend, dass ich zuerst auf den Gedanken kam, es könnten vielleicht auf irgend eine Weise Spuren von Farbstoff in die Emulsion „*D*" gelangt sein, doch sprach einerseits die Prüfung im Spektrographen dagegen, andererseits zeigte sich noch bei verschiedenen Emulsionen, die zu verschiedenen Zeiten nach derselben Methode hergestellt waren, dieselbe hohe Empfindlichkeit gegen die weniger brechbaren Strahlen.

Das grüne Licht einer gesättigten Kupfer-

1) Eders Handb. 3, 150, 152; 1, 254.
2) Eders Handb. 1, 317.

1) Ungleichheiten im chemischen Schleier bei den verschiedenen Plattensorten wurden dadurch eliminiert, dass stark bromkaliumhaltiger Glycin-Entwickler verwandt wurde, so dass auch hochempfindliche Platten absolut schleierfrei entwickelt werden konnten.

2) Es ist wohl nicht notwendig, zu erwähnen, dass Beobachtungsfehler, wie sie aus verschieden rascher Entwicklung der wesentlich verschiedenen Bromsilberarten oder gar aus einer Überexposition der Platte „M" resultieren könnten, ausgeschlossen wurden.

3) Siehe H. W. Vogel, Spektral-Analyse 1, 237.

chlorid-Lösung, ferner das gelbe einer konzentrierten Lösung von pikrinsaurem Ammoniak wirkte stärker auf die Platte „*M*" als auf „*D*", hingegen war das durch eine 10proz. Kaliumbichromat-Lösung, sowie durch eine aufs 4fache verdünnte gesättigte wässrige Aurantia-Lösung filtrierte Licht wieder erheblich wirksamer für die gegen die offenbar von der Pikrat-Lösung und dem Kupferchlorid durchgelassenen blauen Strahlen weniger empfindliche Platte „*D*".

Es lag nahe, die hiermit nachgewiesene, ganz auffallend grössere Empfindlichkeit von weniger weissempfindlichen Emulsionen für die weniger brechbaren Strahlen mit der vom Verfasser betonten grösseren Disposition des feinkörnigen Bromsilbers zur optischen Sensibilisierung[1]) in Beziehung zu bringen, indessen zeigte sich, dass die Eigenschaft der betreffenden Bromsilber-Diapositiv-Emulsion nicht verallgemeinert werden darf. Weder bei der bekanntlich so leicht zu sensibilisierenden Bromsilber-Kollodiumemulsion, noch bei mehreren anderen sehr wenig empfindlichen Gelatine-Emulsionen zeigte sich die oben beschriebene, auffallende, relativ hohe Empfindlichkeit gegen rotes Licht. Einem Jodgehalte in den höher empfindlichen Emulsionen kann ebenfalls keinerlei Bedeutung in dem verschiedenen spektralen Verhalten beigemessen werden, da auch wenig empfindliche Emulsionen mit annähernd gleichem Jodgehalt wie bei der Platte „*M*" in den Kreis der Untersuchung gezogen wurden, welche dieses Moment eliminierten.

Es unterliegt somit keinem Zweifel, dass die verschiedenen Modifikationen des Bromsilbers, ganz unabhängig von ihrer Empfindlichkeit gegen weisses Licht, sich den weniger brechbaren Strahlen gegenüber so verschieden verhalten können, dass in der Praxis unter Umständen darauf Rücksicht zu nehmen ist.

Eine theoretische Erklärung für das verschiedene spektrale Verhalten der verschiedenen Bromsilber-Modifikationen kann vorläufig nicht gegeben werden.

Ich will nicht unterlassen, hier nochmals darauf aufmerksam zu machen, dass der Versuch, die verschiedene Spektralwirkung durch Absorption nach dem Draperschen Satze zu erklären, ganz abgesehen davon, dass im vorliegenden Falle die Sache durchaus nicht stimmen würde, unstatthaft ist.[1]) Die Farbe der Emulsion „*M*" ist grüngelblichweiss, die der „*D*"-Platte bläulichweiss, im Spektroskop ist keinerlei begrenzte Absorption zu erkennen.

Wenn Farbstoffe mit charakteristischen Absorptionsbändern, wie z. B. das Cyanin, vom orangen Lichte erheblich stärker gebleicht werden als vom Licht ihrer eigenen Farbe, so ist dies ein Fall, der nicht verallgemeinert werden kann. Die verschiedenen Silberhalogenide, die Chromate, Eisensalze etc., die in ihrer Farbe, also Lichtabsorption, ganz wesentlich differieren, sind alle in ihrem chemischen Verhalten dem Spektrum gegenüber nur wenig verschieden. H. W. Vogel[2]) sagt: „Die Annahme besonders chemisch wirksamer Strahlen ist unzulässig; wenn die blauen und violetten Strahlen früher als solche galten, so rührt das daher, dass Silbersalze hauptsächlich jene Strahlen absorbieren, dass man aber fälschlicherweise diesen einzelnen Fall verallgemeinerte".

Wenn man auch dem ersten Passus dieses Satzes zustimmen muss, da alle Strahlen chemisch wirken können, so darf doch die Thatsache, dass die kurzwelligen Strahlen auf die heterogensten Körper fast durchweg ungleich energischer wirken als die langwelligen, und zwar unabhängig von einer optisch erkennbaren Absorption, nicht vergessen werden.

Wendet man den Draperschen Satz im chemischen Sinne auf solche lichtempfindlichen Körper an, die ganz oder fast farblos sind, so bedeutet er nichts als eine Tautologie, da absorbiertwerden im chemischen Sinne von einem Körper und chemisch auf einen Körper wirken, nur zwei verschiedene Ausdrücke für ein und dieselbe Sache sind.

Charlottenburg, 11. August 1901.

(Eingegangen 27. August 1901.)

1) Photogr. Correspondenz 1900, S. 553, 686. Eders Jahrb. f. 1901, 24, 623.

1) Siehe Lüppo-Cramer in Echers Jahrb. f. 1901, S. 36.
2) Vogel, Handb. 1, 58.

VORTRÄGE UND REDEN.

Die physikalischen Gesetze, Erklärungen und Hypothesen.

Von J. H. Poynting.

(Schluss.)

Doch, halten wir auch unsere Molekular- und Ätherhypothesen nur für etwas Vorübergehendes, so sind sie doch nicht weniger wertvoll oder nicht weniger notwendig.

Wir beschreiben nur uns selbst zutreffend, wenn wir sagen, wir müssen an einen Zusammenhang der physikalischen Vorgänge glauben und geistige Bilder jener Vorgänge uns zurechtlegen, deren Einzelheiten unserer Beobachtung

unzugänglich sind. Solche Bilder werden aus Hypothesen gewonnen und diese wieder müssen aus dem besten uns zu Gebote stehenden Material aufgebaut werden. Zur Zeit haben wir nur eine einzige Grundhypothese — die Molekular- und Ätherhypothese — in einer der allgemein angenommenen Formen.

Selbst wenn wir uns auf den Standpunkt stellen, dass die Form der Hypothese sich mit der Erweiterung unseres Wissens ändert, dass wir einen neuen Mechanismus angeben können — ja selbst, dass wir eine gänzlich neue Art von Mechanismus konstruieren können, welcher dasselbe leistet — so scheint mir der Wert der Hypothese für die Gegenwart um nichts geringer. Wir erkennen sehr wohl, wie leicht mit ihrer Hilfe eine grosse Masse von sonst vereinzelt stehenden Thatsachen in Verbindung gebracht wird, dass sie zu anregenden Erklärungen verhilft, und fortwährend den Forschern neue Fragen vorlegt. Wir sehen klar, dass sie die symbolische Form bedeutet, in welche viel wirkliches Wissen gekleidet ist. Wir könnten fast mit gleichem Recht mit dem Gebrauch der Buchstaben des Alphabets unzufrieden sein, insofern dieselben nicht die Laute selbst sind, sondern nur willkürliche Symbole der Laute.

Hierzulande ist es unnötig, die Molekularhypothese zu verteidigen. Aber auswärts sind viele aus dem Lager, wo Hypothese und beobachtete Wahrheit nicht genügend unterschieden wurden, weit über die richtige Mitte hinausgegangen, und es hat sich eine Partei gebildet, welche nichts von Molekülen wissen will, um gegen übermässige, kritiklose Benutzung dieses Begriffes zu protestieren. Die Zeit wird es lehren, ob diese Protestler ohne irgend eine Hypothese auskommen und ohne Gerüste und Leitern bauen können. Ich fürchte, sie versuchen, vom Ballon aus zu bauen.

Der Protest wird aber seinen Wert haben, wenn er uns warnt, die Moleküle und den Äther immerfort und allenthalben zu verwenden. Ich glaube, man läuft Gefahr, sich an die Bildersprache dieser Hypothese so zu gewöhnen, dass man schliesslich die beobachteten Thatsachen erst durch molekulare Erwägungen stützen zu müssen vermeint und Molekularkonstruktionen für sicherer hält als den unmittelbaren Versuch.

Zum Beispiel: Die Kapillarerscheinungen lassen sich grösstenteils aus der Annahme einer Oberflächenspannung erklären. Behandelt man aber das Gebiet nur von diesem Gesichtspunkte aus, so steht es isoliert — und ist ein Teil des Gebäudes der Wissenschaft, welcher in der Luft hängt. Die Molekularhypothese kommt nun zu Hilfe und erklärt die Oberflächenspannung einigermassen und giebt gewissermassen einen Unterbau, welcher die Kapillarerscheinungen mit anderen in Verbindung bringt. Hierauf aber sollte sich die Hypothese beschränken, und Erscheinungen, welche aus der Oberflächenspannung allein abgeleitet werden können, sollten bloss mit ihrer Hilfe ohne Bezugnahme auf Moleküle erklärt werden. Diese sollten erst dann wieder herangezogen werden, wenn die Erklärung aus der Oberflächenspannung versagt. Man sollte sich wohl bewusst bleiben, was Gerüst und was bereits festes Gebäude ist.

Oder, um ein anderes Beispiel anzuführen, nämlich den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie: Ich fürchte, manche würden eine Molekulartheorie, aus welcher der zweite Hauptsatz ableitbar ist, für eine sicherere Basis halten als die direkten Versuche von Clausius und Kelvin, oder halten die blosse Vorstellung eines Maxwellschen sortierenden Dämons bereits für einen Beweis gegen die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes; während der Dämon nur eine Hypothese in einer Hypothese ist und von seiner Thätigkeit sich nirgends eine Spur zeigt.

Eine ernstere Gefahr, Thatsache und Hypothese zu verwechseln, liegt in der Verwendung des Äthers und enthält zugleich die Gefahr zu übersehen, was er leistete. In einer Darstellung der Lichterscheinungen nämlich scheint mir der richtigste Weg der zu sein, die Erscheinungen zu beschreiben und die Gesetze, unter die sie fallen, einfach anzugeben, ohne dass man etwas darüber sagt, was schwingt, bis die Erscheinungen dazu zwingen, ausser der Materie noch etwas Weiteres einzuführen, bis man sieht, welche, der Materie nicht zukommende Eigenschaften man dem Äther zuschreiben muss, um die gesuchten Erklärungen ableiten zu können. Dann würden wir gewahr werden, dass es die Beschaffenheit der Materie ist, von der wir in unseren Gedanken ausgingen, nämlich die Hypothese diskreter Teilchen und dass sie uns nötigt. ein Zwischenmittel anzunehmen, welches die Störung von Teilchen zu Teilchen weiterträgt. Die Wirbelatomhypothese und Dr. Larmors Spannungsatomhypothese scheinen anzudeuten, dass wir uns in einer Richtung bewegen, welche den Unterschied zwischen Materie und Äther verschwinden lassen will und dass wir schliesslich das lichtübertragende Medium (luminiferous medium) nicht als eine sehr verdünnte Substanz betrachten, in welche da und dort einzelne Blöcke — die materiellen Moleküle — eingebettet sind, sondern als etwas auffassen, das an verschiedenen Stellen Modifikationen erfährt, die wir Materie nennen. Oder, wenn wir von der Materie ausgehen, so werden wir sie schliesslich nicht mehr aus einzelnen, gesonderten Kernen aufgebaut denken, sondern als ein Kontinuum auffassen, in dem um einzelne Centren herum, die wir Atome oder Moleküle nennen, gewisse Eigenschaften sich offenbaren.

Um ein weiteres Beispiel dafür anzuführen,

welche Gefahr die Verwendung des Begriffes Äther in sich birgt, möchte ich an die gewöhnlich übliche Darstellung der elektromagnetischen Wellen erinnern, die uns hier überall als Ätherwellen umgeben. In allen uns bekannten Fällen gehen dieselben von Materie aus; ihre Energie war vor der Entstehung aller Wahrscheinlichkeit nach Energie der Materie zwischen den verschiedenen Teilen der Quelle, und im Empfänger äussert sie sich abermals als Energie der Materie. Ich glaube, man kann sehr wohl während der Wanderung der Wellen durch die Luft die elektrische Energie mit Hilfe der Luftmoleküle des durchschrittenen Weges ausdrücken, und kann auf dem Wege Atomtrennungen annehmen. Stimmt dies, so ist die Luft an der Fortpflanzung ebensogut beteiligt wie der Äther zwischen den Molekülen. Auf alle Fälle wäre es ein voreiliges Urteil, nur von Ätherwellen zu sprechen.

Bleiben wir uns des hypothetischen Charakters unserer mechanischen Weltauffassung nicht bewusst, so laufen wir eine andere Gefahr, nämlich zu denken, dass mechanische Messungen grössere Realität besitzen als andere. Es könnte zum Beispiel das mechanische Mass der spezifischen Wärme für fundamentaler als das Wärmemass gehalten werden, indem Wärme wirklich für eine „Art von Bewegung" gehalten wird. Von der Molekularhypothese aus betrachtet, ist die Wärme ohne Zweifel ein Gemisch von kinetischer und potentieller Energie der Moleküle und ihrer Teile, und kann sogar rein kinetische Energie sein; man könnte sich sogar vorstellen, dass die Hypothese in Zukunft bestimmt genug ausgearbeitet werden kann, um jedem Atom einen bestimmten Bruchteil eines Erg zuzuschreiben, wenn 1 Gramm Wasser um 1^0 erwärmt wird. Aber man erinnere sich nur, wie viel Hypothese darin enthalten ist! Die thatsächliche Überlegenheit des Energiemasses der spezifischen Wärme liegt in der Thatsache, dass es von irgend einer speziellen Substanz unabhängig ist und dass es nichts Hypothetisches enthält.[1])

[1]) Diese Gefahr, zu glauben, eine bestimmte Art von Messung entspreche mehr der Wirklichkeit als eine andere und sei auch mehr in Übereinstimmung mit dem wahren Sachverhalte, zeigt sich in der verbreiteten Meinung, es wäre die Massenbeschleunigung der einzige Weg, um Kräfte zu messen. Wir stehen ausserhalb unseres mechanischen Systems und verfolgen die Bewegungen und Beschleunigungen der verschiedenen Teile, und finden dann, dass die Massenbeschleunigungen eine bestimmte Bedeutung im Systeme haben. Bleiben wir ausserhalb des Systems und benützen wir nur unseren Gesichtssinn, dann ist die Massenbeschleunigung das einzige Mittel, um jenes Verhalten eines Körpers in Gegenwart von anderen zu beschreiben, das, wie wir sagen, von „Kräften" herrührt. Bewegen wir uns aber im System und ziehen und stossen da die Körper, so finden wir, dass noch eine andere Auffassung von Kraft existiert, welche aus einem anderen Sinn als dem Gesichtssinn entspringt — eine andere Art der Messung, die älter und weit allgemeiner in Gebrauch ist — die Messung durch ein gehobenes Gewicht. Jede Methode hat ihr Anwendungsgebiet; jede ist fundamental in jenem Gebiet. Eins der grössten praktisch-physikalischen Probleme liegt darin, mittelst des Pendels das Verhältnis der Einheiten in den beiden Systemen möglichst genau zu ermitteln.

Ein anderes Beispiel für eine unerlaubte Benutzung unserer Hypothese liefert, wie mir scheint, der Versuch, in dem Äther ein festes Datum zur Messung materieller Geschwindigkeiten und Beschleunigungen zu finden, d. h. irgend etwas, wodurch wir unsere Koordinatenachsen so legen können, dass sie sich nicht drehen oder verschieben. Es wäre dies etwa so, als wollten wir, durch die Bewegung der Erdpole beunruhigt, versuchen, die Nullgrade der Länge und Breite im Atlantischen Ozean festzulegen. Sehen wir von der Möglichkeit der Existenz unbemerkbarer Ätherströme ab und lassen wir auch die Bewegungen, welche jeder den Raum durchdringende Lichtstrahl hervorruft, ausser acht, so könnten wir im Äther nur mit Hilfe von Materie Lagen und Richtungen festlegen. Wir wissen aber nichts vom Äther, soweit er nicht durch Wirkungen auf die Materie sich bemerkbar macht, und schliesslich wären es die materiellen Bojen, die die Lagen bestimmen würden, und nicht der Äther, in dem sie schwimmen.

Die Erörterung der physikalischen Methode mit ihren beschreibenden Gesetzen und Erklärungen und ihrer Ausdehnung auf hypothetische Beschreibungen, legen es nahe, über die Grenzen ihres Anwendungsgebietes nachzudenken. Die Methode entwickelte sich aus dem Studium der sogenannten leblosen Materie und für diese leblose Materie genügte sie den Zwecken des Physikers. Dabei ist natürlich nur ein kleiner Winkel im Universum erforscht worden, aber im Studium der leblosen Materie ist uns keine unüberschreitbare Spalte und kein Abgrund entgegengetreten, die nicht durch Hypothesen hätten überbrückt werden können. Genügt die Methode gleichgut, wenn sie auf lebende Materie Anwendung findet? Sind wir im stande, eine rein physikalische Darstellung solcher Materien zu geben, indem wir ihre Bewegungen und Veränderungen anderen bereits beobachteten gleichfinden und sie so erklären? Können wir sie in Gesetze einordnen, welche es uns ermöglichen, künftige Zustände und Lagen vorherzusagen? Das ist die alte Frage, noch nie beantwortet und doch zur Antwort unaufhörlich drängend!

Versuchen wir, im Glauben an unsere beschreibende Methode, unsere Stellungnahme zu der Frage zu beschreiben! Machen wir thatsächlich überhaupt den Versuch, die physikalische Methode zur Beschreibung und Erklärung solcher Bewegungen der Materie zu

benützen, welche wir vom psychologischen Standpunkt aus willkürlich nennen?

Irgend ein allbekanntes Beispiel, und je bekannter desto treffender wird es sein, sagt uns sofort, wie wir es ohne Rücksicht auf Theorien, praktisch halten. Es fahre z. B. ein Dampfer über den Kanal; wir können ziemlich gut die Bewegung des Dampfers angeben; wir können angeben, wie die in der Kohle aufgespeicherte Energie durch den Dampfkessel in die Maschine übertritt und schliesslich in dem Meere absorbiert wird. Und ist die Maschine einmal in Bewegung, so können wir über Aktion und Reaktion zwischen ihren verschiedenen Teilen und dem Wasser Aufschluss geben und, wenn die Schiffsmannschaft nicht eingreift, ziemlich genau vorhersagen, wie das Schiff laufen wird. Alle diese Vorgänge können zu solchen, die wir im Laboratorium — vielleicht in anderem Massstabe — bereits studiert haben, in Vergleich gesetzt werden und auf die Ähnlichkeiten können wir unsere Voraussage gründen. Denken wir aber nun an einen Schiffspassagier, der eine Einladung zur Reise erhielt. Es ist eine einfache Thatsache, dass wir keinen Versuch machen, eine vollständige physikalische Klarlegung und Erklärung der Handlungen zu geben, die er zur Ausführung seines Vorhabens unternimmt. Wir ziehen keine Induktionslinien im Äther, die ihn mit seinen Freunden jenseits des Kanals verbinden und suchen kein Kraftgesetz, durch das seine Bewegungen bestimmt werden. Praktisch verlässt der strengste Physiker den physikalischen Standpunkt und ersetzt ihn durch den psychologischen. Er studiert dann nicht bloss die Bewegung, sondern auch den Willen.

Er muss zugeben, dass hier seine physikalische Methode der Vorhersage versagt. Bei physikalischen Beobachtungen kann aus einem Satze von Messungen das Resultat einer andern Messreihe abgeleitet werden. Die die Gesetze darstellenden Gleichungen enthalten verschiedene Beobachtungen mit einer bestimmten Beziehung zwischen deren Folgen, und wenn wir daher eine Beobachtungsreihe und jene bestimmte Beziehung kennen, so können wir das Resultat der andern Reihe vorhersagen. Betrachten wir Handlungen von der psychischen Seite aus, so können wir nur an die Handlungen einen Massstab anlegen. Es fehlen uns die unabhängigen Hilfsmittel, um die den Handlungen vorausgehenden Motive zu studieren und zu messen, und Zahlenwerte lassen sich nur aus den folgenden Handlungen abschätzen. Würden wir Gleichungen aufstellen, so würden sie reine Identitäten mit den gleichen Ausdrücken auf beiden Seiten bilden.

Der konsequente und beharrliche Physiker, der seinen Weg verschlossen findet und sieht, dass er auf psychischem Gebiet keinen Einfluss hat, sucht seine Methode in anderer Weise anzuwenden, indem er annimmt, dass die gewöhnlichen physikalischen Gesetze anwendbar und die künftigen physikalischen Zustände angebbar wären, wenn er über die Lage und Bewegung der Moleküle in der lebenden Materie genau unterrichtet wäre. Bezüglich des Kanalpassagiers, glaube ich, würde er sagen, es sei absurd, mit dem kompliziertesten Mechanismus anzufangen, wenn eine physikalische Darstellung gegeben werden sollte. Er würde verlangen, man sollte erst ein niedrigeres Lebewesen mit einfacherem Bau und Gesetzen nehmen und darauf die physikalische Methode anwenden.

Nun lassen Sie uns aber nach der physikalischen Erklärung irgend einer Bewegung umsehen, die wir wegen ihrer Ähnlichkeit mit unserer Thätigkeit willkürlich nennen dürfen. Müssen wir da nicht eingestehen, dass selbst der leiseste Anfang einer solchen Erklärung noch nicht gemacht ist? Wie mir scheint, ist die Annahme der Anwendbarkeit unserer Methoden und der Möglichkeit der physikalischen Erklärung aller Bewegungen und Veränderungen, der willkürlichen und unwillkürlichen, zur Zeit einfach eine riesige Extrapolation, die wir ohne Besinnen zurückweisen müssten, wenn es sich um einen gewöhnlichen Fall der physikalischen Untersuchung handelte. Der Physiker, der sein Gebiet soweit ausdehnt, hört auf, Physiker zu sein und beschränkt sich, im Wunsche, durch und durch Physiker zu sein, nicht mehr auf seine beschreibenden Methoden.

Natürlich lassen sich die Bewegungen und Veränderungen irgend einer Art von Materie, nachdem sie erfolgt sind, rein physikalisch beschreiben. Und wir könnten, wie Professor Ward in einem sehr wichtigen Beitrag zu dieser Frage in den eben veröffentlichten Gifford-Lectures[1]) ausführte, dort, wo die gewöhnliche physikalische Erklärung nicht ausreicht, eine solche Struktur im Äther und solche Verbindungen zwischen Äther und Materie uns vorstellen, dass die physikalischen Erklärungen anwendbar wären. Allein es würden solche ätherische Konstruktionen, wie Professor Ward sich ausdrückt, keine Garantie für ihre Richtigkeit bieten. Sie wären nichts als oberflächliche Bilder, welche sich auf das, was vor der Oberfläche geschieht, beziehen und wären nicht reeller als die Bilder eines Spiegels.

Vertrauen wir auf die beschreibende Methode, auf lebende und leblose Materie angewandt, so scheint mir dieselbe bis zur Gegenwart die Lehre zu enthalten, dass wir in lebloser Materie immer Ähnlichkeiten finden können und hier

1) „Naturalism and Agnosticism." The Gifford Lectures 1896—98, vol. II, p. 71.

in wirklichen oder nur vorgestellten Ereignissen ein Fall dem andern gleicht, von den Lebewesen dagegen jedes vom andern verschieden ist. Vom psychischen Standpunkt aus — und er ist der gegenwärtig massgebende — finden wir in jedem Lebewesen einige Individualität, etwas, worin es von andern Lebewesen verschieden ist, und es ist daher hier eine erschöpfende Voraussage im physikalischen Sinne und auf Grund physikalischer Methoden nicht möglich. Der Webstuhl der Natur wirkt dann ein Muster, das nicht mehr geometrisch bestimmt ist. Die Lebensfäden, bald hier, bald da sich einspinnend, bald zusammenlaufend und bald sich trennend, schliessen sich zu einem eigenen Muster zusammen, dessen Gewebe immer schwerer entwirrbar und doch immer herrlicher und schöner wird.

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. Fischer, München.)

(Eingegangen 2. Aug. 1901.)

REFERATE.

Wissenschaftl. Photographie.
Besorgt von Privatdozent Dr. E. Englisch.

C. P. Goerz, Neuer Hauptkatalog über photographische Objektive. Berlin-Friedenau. Preis 1 Mk.

Die Firma Goerz hat kürzlich ihren hunderttausendsten Doppelanastigmaten versandt, dessen Typus vor 6 Jahren von Emil von Hoëgh berechnet wurde. Was über den S. 609 besprochenen Zeisskatalog gesagt wurde, gilt auch für den Goerzkatalog, der sich jenem würdig an die Seite stellt. Kurze Bemerkungen über Wahl des Objektivs, Blendensystem und Vergrösserung bilden die Einleitung zur eigentlichen Preisliste, die neben dem Doppelanastigmaten, Lynkeioskope mit Paraplanaten (diese von Aplanattypus) und den üblichen Hilfsinstrumenten wie Prismen u. s. w. auch Aufnahmeapparate umfasst. Eine Reihe von Aufnahmen erläutert die Wirkung von Objektiven und Verschlüssen; unter den Objektiven erscheint als Neuheit der Hypergon-Doppelanastigmat mit 135^0 Bildwinkel und $f/22$ Lichtstärke. Das Objektiv besteht aus 2 dünnen halbkugelförmigen Einzellinsen; es ist also nicht achromatisch, wohl aber anastigmatisch. Im Anhang ist ein Rundgang durch die Goerzche Fabrik beschrieben, bei dem wir die Herstellung der Objektive vom Aushauen aus der Glastafel bis zur Schlussprobe beiwohnen. E. Englisch.

(Eingegangen 28. Juli 1901.)

Instrumentenkunde.
Besorgt von Prof. Dr. L. Ambronn.

Zwölfter Deutscher Mechanikertag in Dresden. 16. bis 18. August 1901.

Die Deutsche Gesellschaft für Mechanik und Optik hielt vom 16. bis 18. August ihre zwölfte Wanderversammlung in Dresden ab, unter Beteiligung von mehr als 100 Fachgenossen mit ihren Damen und einer Anzahl von Gelehrten, die einerseits aus sachlichen Gründen, andererseits als Vertreter von Behörden den Bestrebungen der Gesellschaft ihr Interesse zuwenden. Als Ehrengäste nahmen auch die Vertreter der Sächsischen Ministerien, der Physikalisch-technischen Reichsanstalt, des Raths und des Stadtverordneten-Kollegiums zu Dresden und eine Anzahl Hochschulprofessoren aus Dresden und Freiberg i. S. an den Verhandlungen teil.

Nachdem in der 1. Sitzung die Begrüssungen durch die Vertreter der Behörden stattgefunden hatten und vom Vorsitzenden Herrn Dr. Krüss-Hamburg der Dank für dieselben ausgesprochen worden war, hielt Herr Prof. Uhlich aus Freiberg i. S. einen höchst beifällig aufgenommenen Vortrag über das Aufsuchen magnetischer Erzlagerstätten mittels magnetischer Instrumente. Die Methode bezieht sich naturgemäss nur auf magnetische Erze. Sie ist von schwedischen Forschern ausgearbeitet und praktisch aufs beste erprobt, obwohl sie sich nur zweier sehr einfacher Instrumente bedient: eines Kompasses, dessen Nadel um 2 Achsen beweglich ist und eines kleinen Magnetometers mit Vergleichsmagnet, welche beide Apparate nur relative Messungen durch Bestimmung der Winkelabweichungen gestatten. Die Beobachtungen geschehen über Tage in der Weise, dass die Kurven gleicher Intensität der horizontalen und der vertikalen Komponente des magnetischen Feldes, das durch das Magneterz und den Erdmagnetismus gebildet ist, bestimmt werden. Aus dem Verlaufe dieser Kurven, der Lage der Maxima und Minima der magnetischen Wirkungen, ergeben sich nach bestimmten Regeln alle wünschenswerten Bestimmungsstücke über das Erzlager, seine Lage, das Einfallen, die Erstreckung und die Schichtstärke. Der Vortragende demonstrierte die Methode mit Hilfe der Instrumente und einer grossen Zahl schön ausgeführter, instruktiver Diagramme. Absolute magnetische Messungen hielt er im Anfang nicht für zweck-

dienlich, doch bezeichnete er im Einzelfalle als wünschenswert ein handliches Instrument für solche Messung, insbesondere für Bestimmungen am Schürfort, also unter Tage.

Nächstdem berichtete Herr C. Tesdorpf über die Einführung einheitlicher Normen für die Angabe des Durchmessers geteilter Kreise. Es wurde festgesetzt, dafür stets den Durchmesser des Kreises anzugeben, auf welchem die Ablesung der Intervalle erfolgt.

Der verdiente Schatzmeister der Gesellschaft, Herr W. Handke-Berlin, gab dann einen umfassenden Bericht über die Ausbildung der Lehrlinge und legte einen Entwurf über die Beurteilung der Lehrlings-Ausbildung in mechanisch-optischen Werkstätten, illustriert durch eine grosse Anzahl von Skizzen, vor. Die Gesellschaft hat sich von jeher die Pflege des Lehrlingswesens besonders angelegen sein lassen und auch neuerdings durch die von ihr als Norm aufgestellten Lehrverträge der Novelle zum Handwerkergesetz vom Jahre 1897 voll entsprochen. Es steht zu hoffen, dass durch dieses Vorgehen der D. G. f. Mech. u. Opt. eine gründliche, fachkundige Ausbildung der Lehrlinge immer mehr gewinne und dass dadurch der einseitigen Bildung in grösseren Betrieben der deutschen Mechaniker und Optiker wirksam entgegengearbeitet werde. Der Gelehrte, der für seine physikalischen, astronomischen etc. Arbeiten der Mitwirkung eines wohlausgebildeten Mechanikers bedarf und einen nur an der Spezialmaschine geschickten Mann nicht brauchen kann, ist bei dieser Angelegenheit nicht unbeteiligt und ist es eine Genugthuung für Viele gewesen, festzustellen, dass die Versammlung die Ausführungen des Herrn Handke mit grösstem Beifall aufnahm und den Druck seines Vortrages und die Verteilung desselben unter die Mitglieder der Gesellschaft beschloss.

Herr Blaschke berichtete dann über die wichtigsten Patente des letzten Jahres, danach entfällt die grössere Anzahl derselben auf die Nernstlampe, Röntgenphotographie, drahtlose Telegraphie, Schreibtelegraphen, elektrische Messgeräte und photographische Objektive.

Alsdann wurden geschäftliche Dinge erledigt: Kasseangelegenheit, Wahlen, Schlussbericht der Pariser Ausstellung. Zum neuen Zolltarif nahm die Gesellschaft insofern Stellung, als sie ihren Vorsitzenden beauftragte, auf eine sachgemässe Klassifikation der mechanischen und optischen Erzeugnisse hinzuwirken. Als Ort für die nächste Tagung wurde Halle gewählt. Damit schloss der erste Verhandlungstag; die übrige Zeit wurde geselligen Vergnügungen, aber auch Besichtigungen von hervorragenden Werkstätten, wie z. B. derjenigen von Auerbach & Co., gewidmet.

Der zweite Verhandlungstag war ganz einer sozialpolitischen Angelegenheit gewidmet. Herr Professor Dr. Abbe-Jena stellte den Antrag, die deutsche Gesellschaft sollte ihre Mitglieder zur Einführung des Neunstunden-Arbeitstages, eines Mindestlohnes von 21 Mk., Preiserhöhung für Überstunden und Garantie des Zeitlohnes als Mindestverdienst bei Stückarbeit auffordern. Bei der Bedeutung, die solche Fragen neuerdings überhaupt beanspruchen und die sie insbesondere bei dem vielgestaltigen mechanischen Gewerbe annehmen, insofern sie auf die Bildung und Leistungsfähigkeit des ganzen Standes von wesentlichem Einfluss sind, mag es auch an dieser Stelle nicht überflüssig erscheinen, darüber Bericht zu erstatten.

Herr Professor Abbe gab in etwa einstündiger Rede eine umfassende, tief durchdachte Betrachtung der Wirkung von Verkürzung der Arbeitszeit, Mindestlohn etc. auf die Art, Vollkommenheit und Menge der Arbeit, sowie auf die Arbeiter, unter Voraussetzung des überall durchgeführten Stücklohns, die darin gipfelte, dass die Verkürzung der Arbeitszeit keineswegs zur Verschlechterung oder Verringerung der Arbeit führte, dass vielmehr die Gehilfen beim Stücklohn ihre Kräfte besser zu gebrauchen lernten und dadurch im ganzen in ihrem geistigen Niveau gehoben würden. Indem der Redner das Stichwort der extremen Parteien: „Akkord ist Mord" mit grösster Entschiedenheit zurückwies, that er überzeugend dar, dass die Akkordarbeit im Gegenteil den Arbeiter nicht etwa nur unter übermässiger Ausnutzung seiner Arbeitskraft zu einem höheren Verdienst verhälfe, sondern ihn auf ein höheres Niveau erhöbe, auf dem er dann auch mit einer kürzeren Arbeitszeit auskommen müsste. Es ist unmöglich, hier alle die treffenden Beispiele, die Arbeitsstatistiken aus dem Zeissschen Betriebe und die Vergleiche anzuführen, durch welche die entwickelten Grundsätze erst in das rechte Licht gesetzt wurden. Sie zeigten wieder einmal, dass der Redner keineswegs allein der eminente wissenschaftliche Forschergeist ist, der einem grossen Zweige der Wissenschaft und Technik neue Wege gezeigt und Mittel in die Hand gegeben hat, sondern auch im Praktischen, in der Ausführung, im Bereiche der menschlichen Fähigkeiten und Charaktere die tiefsten und massgebendsten Studien gemacht hat, wie es ihm ja auch gelungen ist, nicht durch seine idealen Forschungen allein, sondern durch seine sehr realen Bethätigungen als technischer und selbst kaufmännischer Leiter eines Betriebs die allergrössten Erfolge zu erzielen.

Und doch erhob sich, zwar nicht gegen die Ausführungen, aber gegen die vom Redner gezogene Schlussfolgerung: die Gesellschaft solle ihre Mitglieder zur Einführung der neunstündigen Arbeitszeit u. s. w. auffordern, ein starker

Widerstand. Man wandte ein, dass alle diese Ausführungen nur auf grosse oder wenigstens gut organisierte Betriebe, die in Stücklohn arbeiten lassen könnten, Anwendung fänden und dass darum die gewünschte Einführung dieser Grundsätze als Regeln für jeden Arbeitsvertrag den kleinen und kleinsten Betrieben unerträglich werden müsste, ja dass selbst die Gehilfen darunter leiden würden, insofern die Stellenauswahl dadurch beschränkt würde. Weiter wurde auch bemerkt, dass die Stärke der deutschen Mechanik und Optik wesentlich in den kleinen Betrieben beruhe, in welchen Spezialinstrumente die beste Ausbildung erführen und die Talente am sorgfältigsten ausgebildet würden, und dass nichts geschehen dürfe, was diese schädigen könnte. Die Versammlung beschloss die Ablehnung einer Spezialdiskussion über diese Anträge und gab dem Wunsche Ausdruck, dass sozialpolitischen Erwägungen dieser Art auch später nicht mehr Raum zu geben sei, da die Verschiedenheit der Betriebe eine Einigung doch ausschliesse.

Wenn auch die Versammlung dem Antrag Abbe nicht zugestimmt hatte, so ist sie sich doch der unvergänglichen Verdienste des Antragstellers für das gesamte Gewerbe, wie um die Gesellschaft bewusst geblieben und hat ihn einstimmig zum Ehrenmitgliede des Vorstandes ernannt, nachdem er die Erklärung abgegeben hatte, dass er wegen zu grosser Belastung nicht mehr an den regelmässigen Arbeiten teilnehmen könnte. Die Versammlung bekundete damit, dass sie nicht gewillt sei, auf den Rat und die Anregung von dieser Seite zu verzichten.

Die Dresdener Fachgenossen hatten es sich nicht nehmen lassen, die noch freigebliebene Zeit mit Besichtigung der Kunstschätze der Stadt, Festen und Ausflügen in die herrliche Umgebung auszufüllen, die den zahlreichen Teilnehmern eine dauernde schöne Erinnerung sein werden.

M. Kaempfer.

(Eingegangen 28. August 1901.)

BESPRECHUNGEN.

James Walker, Introduction to Physical Chemistry. Second edition. 8. XII u. 344 S. London, Macmillan & Co. 1901. Gebunden 10sh.

Das vorliegende Buch umfasst ungefähr das Bereich, welches Ostwald in seinem Grundriss der allgemeinen Chemie behandelt hat. Die Darstellung ist elementar und klar. Nicht exakt ist die Besprechung von Traubes Methode zur Bestimmung des Molekulargewichtes, da wir in derselben gar keine neue Methode haben, sondern nur etwas verschleierte Rechenkunststückchen. Der englischsprechende Anfänger erhält mit diesem Buche eine vorzügliche Einführung in das Gebiet der physikalischen Chemie.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 30. Mai 1901.)

Personalien.

Der ordentliche Professor der theoretischen Mechanik und synthetischen Geometrie an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, W. Schell, tritt in den Ruhestand.

Am 17. August starb der Privatdozent für (Versicherungs-) Mathematik in Wien, Dr. Victorin Sersawy, 53 Jahre alt.

Der Eisenbahnbau- und Betriebsinspektor Cauer, der kürzlich an dez Technischen Hochschule in Berlin die neugeschaffene Dozentur für Eisenbahnbetriebe erhalten hat, ist zum Professor ernannt worden.

Dr. Ernst Vogel in Berlin, früher Assistent an dem von seinem Vater, dem verstorbenen H. W. Vogel, geleiteten photochemischen Laboratorium der Berliner Technischen Hochschule, Herausgeber der Photographischen Mitteilungen, ist im Alter von 35 Jahren gestorben.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1901/1902.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimentalphysik I: Physik in mathematischer u. experimenteller Behandlungsweise, ausgewählte Teile; Übungen im physikalischen Laboratorium, a) für Elektrotechniker und Chemiker, b) für Physiker. — **M. Wien**: Mechan. Wärmetheorie; Physikalische Technik; Experimentalphysik enzyklopädischer Kurs. — **Hamacher**: Praktische Telegraphie und Fernsprechwesen. — **Polis**: Meteorologie; Meteorologische Technik und Übungen im meteorologischen Observatorium; Ausgewählte Kapitel aus der Meteorologie. — **Grotrian**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus; Theoretische Elektrotechnik; Elektrotechnisches Praktikum, a) für Maschineningenieure, b) für Elektrotechniker. — **Herrmann**: Mechanische Technologie I und II; Fabrikanlagen und Arbeitsmaschinen. — **Junkers**: Arbeiten im maschinentechnischen Laboratorium. — **Köchy**: Lokomotivbau II; Eisenbahnmaschinenbau; Maschinenelemente. — **Rasch**: Elektrische Konstruktionsübgn.; Elektr. Bahnen; Entwerfen von Dynamomaschinen und Transformatoren. — **Borchers**: Lötrohrprobierkunst; Elektrometallurgie; Anleitung zum Entwerfen metallurgischer und elektrometallurgischer Apparate und Anlagen; Anleitung zu selbständigen metallurgischen und elektrometallurgischen Arbeiten. — **Bredt**: Chemie des Benzols und des Pyridins; Organisches Praktikum; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie. — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie; Massanalyse; Experimentalchemie enzyklopädischer Kurs; Anorganisches Praktikum; Praktikum für qualitative und quantitative Analyse; Spezielle analytische Methoden: Quantitative Analyse durch Elektrolyse, Mass-, Gas-, Spektralanalyse; Darstellung anorganischer Präparate; Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten auf den Gebieten der analytischen und anorganischen Chemie; Elektrochemisches Praktikum; Darstellung von Chemikalien mittels Elektrolyse, Galvanoplastik u. s. w.; Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Ge-

biete der Elektrochemie. — **Stahlschmidt**: Techn. Chemie; Entwerfen von chemischen Fabrikanlagen; Chemisch-technisches Praktikum. — **Danneel**: Elektrochemie I; Theorie d. Akkumulatoren. — **Werner**: Praktische Geometrie I und II; Geodätisches Praktikum I; Planzeichnen und Geodätisches Praktikum II; Ausgewählte Kapitel der Geodäsie; Eisenbahn-Tracieren. — **Jürgens**: Höhere Mathematik I mit Übungen; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Mathematik. — **Kötter**: Darstellende Geometrie; Graphische Statik. — **v. Mangoldt**: Höhere Mathematik II mit Übungen; Mathematisches Seminar; Kaufmännisches Rechnen; Versicherungsmathematik. — **Sommerfeld**: Mechanik I und II.

Universität Basel.

Hagenbach-Bischoff: Experimentalphysik II: Lehre des Lichtes, der Wärme und der Elektrizität, 6; Theorie des gasförmigen Zustandes, 1 *g*. — **Von der Mühll**: Analytische Mechanik, mit Übungen, 4; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Elektrische Messungen, 2 *g*. — **Kahlbaum**: Allgemeine physikalische Chemie II, $1^1/_2$; Kolloquium über theoretische Chemie, 3 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Piccard**: Organische Chemie, 5; Analytische Übungen (mit Fichter), 9; Organisches und anorganisches Vollpraktikum (mit Fichter), tägl. — **Nietzki**: Organisches Vollpraktikum (mit Rupe), tägl.; Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Chemisches Kränzchen (mit Rupe), 1 *g*. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, mit Übungen, 4; Technisch-analytisches Praktikum, tägl. — **Rupe**: Färberei und Druckerei, 1. — **Fichter**: Stickstoffhaltige Ringe (Pyrrol, Indol, Pyrazol), 1 *g*; Organisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Kinkelin**: Analytische Geometrie, 3; Differential- und Integralrechnung I, 3; Anwendung der Infinitesimalrechnung auf Geometrie, 2; Mathematische Übungen, 1 *g*. — **Riggenbach**: Populäre Astronomie I: Astronomische Geographie, 2; Astronomische Übungen, *g*.

Universität Berlin.

E. Warburg: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalischen Laboratorium, a) für Geübtere, tägl., b) für Anfänger (mit Blasius), 7, c) für Pharmazeuten (mit Starke), $3^1/_2$. — **Fock**: Einleitung in die Chemie und Physik, 1; Elemente der physikalischen Chemie, 1. — **Aschkinass**: Elemente der höheren Mathematik mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung in den Naturwissenschaften, 2. — **Weinstein**: Einleitung in die mathematische Physik, 3; Physik des Weltalls, 1 *g*. — **Planck**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik I: Allgemeine Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*. — **du Bois**: Das absolute Masssystem in der gesamten Physik, 1. — **Starke**: Theorie und Anwendung der Wechselströme (mit Demonstrationen), 1. — **Raps**: Anwendungen d. Elektrizität (m. Demonstrationen), 1. — **v. Wesendonk**: Über einige neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre, 1 *g*. — **Pringsheim**: Interferenz und Polarisation des Lichtes (experimentell), $1^1/_2$ *g*. — **Neesen**: Geometrische Optik mit besonderer Berücksichtigung der photographischen Objektive, 2. — **Behn**: Grundlagen und Anwendung der Photographie (experimentell), 1. — **Blasius**: Übungen im Anschluss an das physikalische Praktikum, 1 *g*; Praktisch-physikalischer Kursus für Mediziner, $3^1/_2$. — **v. Bezold**: Allgemeine Meteorologie, 2; Über Wind und Wetter, 1 *g*; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*; Übungen im meteorologischen Institut, tägl. — **Assmann**: Die meteorologischen Instrumente und deren Gebrauch, 1. — **Less**: Über die jeweiligen Witterungsvorgänge, 1 *g*; Grundzüge der landwirtschaftlichen Klimalehre, 1 *g*. — **Will**: Geschichte der Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie, 1 *g*. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, mit Berücksichtigung der einschlägigen Gesetzgebung, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Jahn**: Einleitung in die theoretische Chemie, 1 *g*; Allgemeine theoretische und physikalische Chemie, 4. — **van't Hoff**: Physikalische Chemie, 1 *g*. — **Meyerhoffer**: Elektrochemie, 1. — **R. J. Meyer**: Die Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung, 1 *g*; Qualitative chemische Analyse, 1. — **Marckwald**: Analytische Chemie, 2. — **Rosenheim**: Quantitative Analyse mit Experimenten, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer), tägl.; Kolloquium über anorganische Chemie, $1^1/_2$; Praktische Übungen in der Gas- und Massanalyse, 3. — **Gabriel**: Massanalyse und Gasanalyse, 2. — **H. Traube**: Mikrochemische Analyse mit Übungen, 1. — **Fischer**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im ersten chemischen Universitätslaboratorium (mit Gabriel, Harries und Pschorr), tägl. — **Pinner**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Arbeiten im chemischen Laboratorium für Geübtere, tägl. — **Buchner**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium der landwirtschaftlichen Hochschule, ganz- oder halbtägig. — **Liebermann**: Organische Experimentalchemie I, 5; Praktische Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Kolloquium über Themata aus der organischen Chemie, 1 *g*. — **Reissert**: Die wichtigsten Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Harries**: Aromatische Experimentalchemie, 2. — **Wohl**: Chemie der Kohlehydrate, 1. — **W. Traube**: Über Alkaloide, 1. — **Schotten**: Die Fabrikation des Zuckers und der Stärke, 2. — **Emmerling**: Über Enzyme, 1. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 4; Toxikologische Chemie, $1^1/_2$; Praktische Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Biedermann**: Technische Chemie II: Organische Stoffe, mit Demonstrationen, 4. — **Wichelhaus**: Über Steinkohlentheer und Theerfarbstoffe, 1 *g*; Übungen im technologischen Institut, tägl. — **Landolt**: Praktische Übungen im zweiten chemischen Universitäts-Laboratorium, tägl.; Physikalisch-chemische Arbeiten (mit Jahn), tägl. — **Pschorr**: Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Schwarz**: Elementargeometrische Herleitung der wichtigsten Eigenschaften der Kegelschnitte, 2 *g*; Analytische Geometrie, 4; Theorie der analytischen Funktionen II, 4; Mathematische Kolloquien, 2 *g*, 14 tg. — **Knoblauch**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 4. — **Lehmann-Filhés**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. — **Frobenius**: Theorie der Determinanten, 4; Zahlentheorie, 4. — **Landau**: Algebra, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der ganzen transcendenten Funktionen, 1 *g*. — **Hensel**: Anwendung der Lehre von den elliptischen Funktionen auf Algebra und Zahlentheorie, 3; Mechanik, 4; Mathematisches Kolloquium für höhere Semester (ausgewählte Kapitel aus der Theorie der idealen Zahlen), 1 *g*. — **Fuchs**: Theorie der hyperelliptischen Funktionen, 3; Theorie der Funktionen, welche lineare Substitutionen zulassen, 3. — **Hettner**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Theorie der Beobachtungsfehler, 2. — **Helmert**: Theorie der Kartenprojektionen, 1; Theorie der Gradmessungen, 1 *g*. — **Marcuse**: Allgemeine Himmelskunde, mit Projektionsbildern (für Zuhörer aller Fakultäten), $1^1/_2$; Theorie und Praxis geographisch- und nautisch-astronomischer Ortsbestimmungen, einschliesslich der bei Forschungsreisen vorkommenden Aufgaben, 2; Astronomische Übungen zur geographischen Ortsbestimmung, 2. — **Foerster**: Über Winkelmessung und Zeitmessung, mit Demonstrationen, 4; Über die Entfernungsbestimmungen im Weltraum, 1 *g*; Übungen in der Berechnung von Messungen, $1^1/_2$ *g*. — **Bauschinger**: Figur und Rotation der Himmelskörper (Mechanik des Himmels IV), 3; Theorie der Satelliten, 1 *g*; Methode der kleinsten Quadrate, $1^1/_2$ *g*. — **Scheiner**: Spektralanalyse der Gestirne, 3; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Battermann**: Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, mit Übungen, 2.

Technische Hochschule Berlin.

Paalzow: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 4; Mathematische Physik, 2. — **Gross**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Thermochemie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Masseinheiten und Messmethoden, 2; Physikalische Massbestimmungen und Messinstrumente, Übungen, 4. — **Rubens**: Experimentalphysik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium (Physikalische Messungen,

4. — **Weingarten**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Mechanik, 5; Mathematische Physik, 2. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Über elektrische Schwingungen, 1. — **Servus**: Einführung in das Studium der Elektrotechnik, 2; Theorie und Berechnung von Gleichstrom-, Wechselstrom- und Drehstrommaschinen und Motoren, 4. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und Kinematik, 2; Ausgewählte Kapitel aus der angewandten Kinematik, 2; Dynamische Theorie der Dampfmaschine, 2. — **Klingenberg**: Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 3; Elektromechanische Konstruktionselemente, 2, Übungen, 2; Bau und Betrieb von Gasmaschinen, 2. — **Roessler**: Wärmemechanik, 4; Wechselstromtechnik, 4; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Slaby**: Elektromechanik, 4; Ausgew. Kapitel aus der Elektromechanik, 2; Übgn. im elektrotechnischen Laboratorium (m. Wedding), 36. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **W. Wedding**: Enzyklopädische Elektrotechnik mit Einschluss der Elektrotelegraphie mit Experimenten, 3; Elektrotechnische Messkunde, 2. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Verkehrsunternehmungen, 2; Elektrische Sicherheitstechnik für Starkstromanlagen und Bahnen, 2. — **Kapp**: Bau der Dynamomaschinen und Transformatoren, 2, Übungen, 3. — **Fr. Vogel**: Theorie und Anwendung von Elektromotoren, 2. — **Heyn**: Mechanische Technologie I, 2, II, 2, Übungen, 2; Die Zustandsänderungen der Metalle und Legierungen bei ihrer technischen Verarbeitung, 2 *g*. — **Hörmann**: Spezielle mechanische Technologie (Mühlen und dergl.), 4; Werkzeugmaschinen, 2; Allgemeine mechanische Technologie, 2. — **Josse**: Übgn. im Maschinenlaboratorium I, 1, Übungen, 4, II, 6, III, 10. — **Kammerer**: Entwerfen von Hebemaschinen, 4; Maschinenbau (mit Riedler), 3, Übungen, 4. — **Ludewig**: Wasserkraftmaschinen, 2; Entwerfen von Wasserkraftmaschinen und Dampfkesseln, Übungen, 4. — **Martens**: Materialienkunde mit Übungen in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, 2, Übungen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen, 2. — **N. N.**: Eisenbahnmaschinenbau, insbesondere Lokomotiv- und Wagenbau, 4, Übungen, 4; Eisenbahnbetrieb, einschliesslich Signalwesen und Stellwerksanlagen, 2; Abriss der Verkehrsmittel auf Eisenbahnen, 2; Maschinenkunde I, 2, Übungen, 3. — **N. N.**: Hochbauelemente für maschinentechnische Anlagen, 2, Übungen, 4. — **Reichel**: Maschinenelemente, 4, Übgn., 8; Wasserkraftmaschinen, 1. — **Riedler**: Maschinenlehre, 2, Übungen, 6; Arbeitsmaschinen, 2. — **Stumpf**: Dampfmaschinenbau, 4, Übungen, 8; Entwerfen von Arbeitsmaschinen, Übungen, 4. — **Wehage**: Angewandte Mechanik, 4. — **Buhle**: Massentransport, 2; Eisenbahnmaschinenbau, 4, Übungen, 4; Verkehrsmittel auf Eisenbahnen, 2. — **Heinel**: Konstr. der Kühl- und Eismaschinen, 3, Übungen, 3. — **Leist**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen, 2. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittelanalyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Jurisch**: Entwerfen von chemischen Anlagen, 4. — **v. Knorre**: Analytische Chemie (Quantitative Analyse), 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Allgemeine Elektrochemie und Anwendung der Elektrolyse in der chemischen Industrie, 4; Abriss der technischen Gasanalyse mit Übungen, 2. — **Liebermann**: Organische Chemie I, 5; Einige spezielle Kapitel der organischen Chemie, 1; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Miethe**: Spektralanalyse, 2; Allgemeine Photographie, 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16; Lichtpausübungen, nach Verabredung. — **N. N.**: Experimentalchemie, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Traube**: Physikalische Chemie, 2. — **Witt**: Chemische Technologie II, 4; Farbstoffe, Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, 2; Praktische Arbeiten im technologischen Laboratorium, tägl. — **Frentzel**: Chemie der Ernährung des Menschen, 2. — **Holde**: Praktikum in der Untersuchung der Fette, Öle und Naphtaprodukte, Übungen, 2. — **Junghahn**: Technologie der Proteïnstoffe, 2. — **Kühling**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Stavenhagen**: Qualitative Analyse, 2. — **Täuber**: Über Teerfarbstoffe, 1. — **Voswinckel**: Terpene und Kampher, 1. — **Wolffenstein**: Neuere synthetische Arzneimittel, 1. — **Dziobek**: Höh. Math. (Differential- u. Integralrechng., Analyt. Geometrie), 6, Übgn., 2. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analyt. Geometrie, 4; Über die numerische Auflösung von Gleichungen, 1 *g*. — **Hamburger**: Potentialtheorie, 2; Funktionentheorie, 2; Gewöhnliche Differentialgleichungen, 2. — **Hauck**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Hertzer**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Hettner**: Höhere Mathematik, 6, Übungen, 2; Theorie der Raumkurven und Flächen, 1. — **Jolles**: Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Lampe**: Höhere Mathematik, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **R. Müller**: Differential- und Integralrechnung, 4. — **Steinitz**: Synthetische Geometrie I, 2, Übungen, 1, II, 2, Übungen, 1.

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Wärme, 6; Repetitorium der Physik, 2; Theoretische Optik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 4. — **Gruner**: Mathematische Physik, 1—2. — **Friedheim**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Qualitative und quantitative Analyse, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum (Halbpraktikum nur für qualitative Arbeiten), tägl. ausser Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3; Anwendung der Elektrolyse in der chemischen Technik, 1 *g*; Chemisches Seminar (mit v. Kostanecki), 2. — **v. Kostanecki**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 5; Repetitorium der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Schaffer**: Lebensmittelchemie, 2; Praktikum im Laboratorium für Lebensmitteluntersuchung. — **Tambor**: Einführung in die Chemie der Alkaloide, 1 1/2; Repetitor. der Chemie der Fettkörper, 2. — **Mai**: Anorganisch-chem. Arbeiten, Ganz- und Halbprakt., tägl. ausser Sonnabd.; Übgn. in chem. Berechgn., 1; Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie (Ionentheorie), 1; Repetitorium der anorganischen Chemie für Chemiker, 1; Ausgewählte Kapitel aus der allgemeinen Chemie, 1. — **Graf**: Integrale algebraischer Funktionen, mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen mit Repetitorium, 3; Funktionentheorie, 2; Bestimmte Integrale, 2; Differentialgleichungen, 2; Differential- und Integralrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), 2. — **Huber**: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 2; Theorie der höheren ebenen Kurven, 2; Mathematisches Seminar (mit Graf), 1. — **Ott**: Integralrechnung, 2; Analytische Geometrie II, 2. — **Benteli**: Darstellende Geometrie: Kurven und Strahlenflächen, 2, Übungen und Repetitorium, 2; Praktische Geometrie I, 1. — **Moser**: Einführung in die Lebensversicherungsrechnung, 1; Mathematische Theorie der Witwen- und Waisenkassen, nach Übereinkunft.

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik I: Mechanik, Allgemeine Physik, Wärme, Akustik, 5; Physikalisches Laboratorium für Anfänger (mit Hagenbach), 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Lorberg**: Elektrostatik und Magnetismus, 4; Theorie des Potentials, 2. — **Hagenbach**: Spektralanalyse (experimentell), 2. — **Bucherer**: Elektrochemische Theorien, 1 *g*. — **Pflüger**: Die modernen Anschauungen vom Wesen der Elektrizität und des Magnetismus, 1 *g*. — **Anschütz**: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Partheil und Rimbach), tägl. — **Rimbach**: Spezielle anorganische Chemie (Metalle und seltenere Elemente), 2; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3 *g*; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden (mit Löb), 3 *g*. — **Schroeter**: Cyklische Kohlenstoffverbindungen I: Aromatische Verbindungen oder Benzolderivate, 3. — **Partheil**: Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 4; Methoden der Arzneimittelprüfung, 1 *g*; Die Nährstoffe, 1. — **Heusler**: Chemische Metallurgie (mit Exkursionen), 2. — **Binz**: Chemische Technologie der Ge-

spinnstfasern, 1 *g*. — **Löb**: Physikalische Chemie II: Verwandtschaftslehre, Thermochemie, Elektrochemie, Photochemie, 2; Physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden, 1; Anleitung zur Ausführung selbständiger Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen Chemie und Elektrochemie, tägl. *g*. — **Heffter**: Differential- und Integralrechnung II: Bestimmte Integrale, Integration der Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der Kurven und Flächen, 4, Übungen, 1 *g*. — **Kortum**: Determinanten, 2; Elemente der analytischen Geometrie, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Lipschitz**: Theorie der auf theoretische Physik bezüglichen partiellen Differentialgleichungen, 4; Übgn. im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Küstner**: Sphärische Astronomie, 3; Fixsternkunde, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer), tägl. — **Deichmüller**: Photometrie der Gestirne, mit praktischen Übungen, 2; Praktisch-astronomische Arbeiten, 2 mal wöchentlich. — **Mönnichmeyer**: Spezielle Störungen, 2.

Technische Hochschule Braunschweig.

Weber: Physikalisches Praktikum (mit Prümm), 2; Experimentalphysik, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Mathematische Elektrizitätslehre, 2. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Konstruktions-Übungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Cruse), 6. — **R. Meyer**: Unorganische Experimentalchemie, 5; Chemie der organischen Farbstoffe, 3. — **Biehringer**: Analytische Chemie (für technische Chemiker), 2; Stöchiometrische Rechnungen, 1; Chemisch-technische Rechnungen, 1. — **Bodländer**: Physikalische Chemie, 2; Metallurgie, 2; Grundzüge der Chemie, 3. — **Reinke**: Chemische Technologie II: Stärke- und Gärungstechnik, 6; Technisch-chemische Analyse, 2; Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Stärke- und Gärungstechnik, 2. — **Beckurts**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Technische Rohstofflehre, 1; Gerichtliche Chemie, 1; Pharmakognosie, Übungen, 2; Massanalyse, 1; Pharmazeutische Chemie, 3. — **Troeger**: Analytische Chemie (für Pharmazeuten), 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie für Pharmazeuten, 2. — **Degener**: Technologie der Nahrungsmittelindustrie, 3. — **Querfurth**: Theorie und Konstruktion der hydraulischen Motoren, 2; Berechnung und Bau der Dampfmaschinen, 3; Theorie und Konstruktion der Pumpen und Gebläse, 2; Grundzüge des Schiffbaues, 2; Maschinenkonstruieren III, Übungen, 8. — **Friedmann**: Beschreib. Maschinenlehre, 2; Maschinenelemente, 4; Maschinenkonstruieren I, Übungen, 10. — **Denecke**: Heizung und Lüftung, 2; Berechnung und Bau der Hebemaschinen, 3; Eisenbahnmaschinenbau, 3; Maschinenkonstruieren II, Übungen, 4; Maschinenzeichnen, Übungen, 6. — **Schöttler**: Angewandte Wärmemechanik, 2; Technische Mechanik II, 7, Übungen, 2. — **Lüdicke**: Allgemeine mechanische Technologie, 2; Fabrikanlagen und Werkstatteinrichtungen, 2; Werkzeugmaschinen, 2; Entwerfen von Werkzeugmaschinen, Übungen, 3; Spinnerei, 2; Weberei, 2; Technologische Übungen, 2. — **Dedekind**: Elemente der Zahlentheorie, 1; Theorie der Fourier'schen Reihen, 2. — **Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 3; Differential- und Integralrechnung I, 5, Übungen, 2; Differential- und Integralrechnung II, 2; Potentialtheorie, 2; Elementarmathematik, 2. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Perspektive und Schattenkonstruktionen, Übungen, 2. — **Wernicke**: Grundzüge der höheren Mathematik (für Architekten und technische Chemiker), 2, Übungen, 1; Statik starrer und elastisch-fester Körper (für Architekten), 3, Übungen, 1. — **Koppe**: Geodäsie I, 2, Übungen, 2; Ausgleichungsrechnung I mit Berechnungen, 2, Übungen, 4; Geodätisches Praktikum (mit Bohlan), 3; Planzeichnen (mit Bohlan), Übungen, 2.

Universität Breslau.

O. E. Meyer: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Wärme, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar: Aufgaben aus der Mechanik, 1 *g*; Mathematische Theorie der Elastizität der festen Körper und des Lichtäthers, 2; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalischen Laboratorium, 3 oder 6, für Geübtere, tägl. — **Bose**: Theorie der Wechselströme, mit Demonstrationen, 2. — **Abegg**: Physikalische Chemie (Theorie der Lösungen, Phasenlehre, Thermochemie mit mathematischen Ergänzungsstunden), 2; Elektrochemisches Praktikum, 3; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Ladenburg**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktisch-chemische Übungen für Chemiker, ganz- und halbtägig (mit Abegg); Praktisch-chemische Kurse, a) für Mediziner, 5, b) für Landwirte, 6; Chemisches Kolloquium, 2, 14 tg. *g*. — **Scholtz**: Stereochemie, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, für Fortgeschrittene, 2. — **Ahrens**: Technologie der Kohlenhydrate mit Exkursionen, 2; Technologie der Cellulose, der Fette, Harze und Seifen, der Schiess- und Sprengstoffe, 3; Landwirtschaftliche Technologie I: Zucker- und Stärkefabrik. m. Exkursionen, 2; Ausgew. Kapitel der techn. Chemie, 1 *g*; Chemisch-technisches Praktikum nebst Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. ausser Sonnabend; Praktische Kurse im landwirtschaftlich-technologischen Institut, tägl. ausser Sonnabend; Praktische Kurse in chemisch-technischen, gasanalytischen und elektrochemischen Untersuchungsmethoden, Sonnabend. — **Herz**: Stöchiometrie (ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie), 2; Analytische Chemie (für Studierende in den ersten Semestern), 2. — **Poleck**: Organische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Analytische Methoden zur Untersuchung der Nahrungsmittel, des Wassers, mit Einschluss der offizinellen Fette, ätherischen Öle und Harze, 3; Ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und Untersuchung der Nahrungsmittel, tägl. ausser Sonnabend. — **Rosanes**: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Elemente der Funktionentheorie, 2—3, Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 *g*. — **Sturm**: Theorie der geometrischen Verwandtschaften II, 3 Differentialgeometrie, 3; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **London**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. — **Franz**: Praktische Astronomie der Beobachtungen, 3; Mechanik des Himmels, 4; Die Grundprobleme der Naturwissenschaften, 1; Astronomisches Seminar, 1 *g*.

Technische Hochschule Brünn.

Jaumann: Physik, 5; Wärmelehre, 3. — **Tuma**: Physik für den kulturtechnischen Kurs, 3; Physikalisches Praktikum, 4. — **Zickler**: Allgemeine Elektrotechnik, 3; Spezielle Elektrotechnik, elektrische Beleuchtungsanlagen, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 12; Elektrotechnische Arbeiten. — **Hellmer**: Mechanik II: Dynamik und Hydraulik, 4, Übungen, 1; Analytische Mechanik, 3; Enzyklopädie der Mechanik, 4. — **Habermann**: Anorganische Chemie, 6; Analytische Chemie II Spezielle analytische Methoden, 2; Chemische Übungen I, 10, II, 20. — **Hönig**: Chemische Übungen III, 10; Agrikulturchemie, 3; Chemie der Tier- und Pflanzenstoffe, 3. — **Donath**: Chemische Technologie I, 6, III, $1^1/_2$, Übungen, 20. — **Frenzel**: Elektrochemie I: Theoretischer Teil, 3. — **N. N.**: Allgemeine Maschinenkunde I, 4. — **Musil**: Maschinenbauelemente, 4, Konstruktionsübungen, 6; Maschinenlehre und Maschinenbau I: Theorie und Bau der Wassermotoren, 5, Konstruktionsübungen, 6; Technisches Zeichnen (Maschinenzeichnen), Übungen, 6. — **Wellner**: Maschinenlehre und Maschinenbau II: Theorie und Bau der Wärmemotoren II, 7, Konstruktionsübungen, 14. — **Waelsch**: Grundlehren der höheren Mathematik I, 7, Übungen, 2; Mathematische Übungen, 2. — **Biermann**: Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik II, 3, Übungen, 1; Mathematische Näherungsmethoden, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Differentialgleichungen, 1. — **Rupp**: Darstellende Geometrie, 6; Konstruktives Zeichnen, Übungen, 8. — **Obenrauch**: Geschichte der Geometrie, 1. — **Prastorfer**: Technisches Zeichnen, Übungen, 6. — **v. Mayendorf**: Niedere Geodäsie, 6; Situationszeichnen, Übungen, 4; Sphärische Astronomie, 3.

Universität Czernowitz.

Handl: Experimentalphysik, 5. — **Tumlirz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus (Schluss), 2; Thermodynamik, 3; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. —

Pribram: Allgemeine Chemie I, 5; Chemische Übungen im Laboratorium (für Anfänger), 15; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen (f. Fortgeschrittene), 15 *g*. — **Puchta**: Analytische Geometrie der Ebene, 3; Variationsrechnung, 2; Proseminar für Mathematik, 2 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*.

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik, 5; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisches Praktikum, 4 Nachmittage; Selbständige physikalische Arbeiten; Physikalisches Kolloquium, 1. — **Zeissig**: Experimentalphysik, 4; Physikalische Mess- und Instrumentenkunde, 2; Repetitorium der Experimentalphysik für Pharmazeuten, 1. — **Rudolphi**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen und Arbeiten. — **Meisel**: Optische Instrumente, 2. — **Forch**: Meteorologie, 1. — **Klemm**: Einführung in die Photographie, 2; Photographisches Praktikum, 2. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II, 4, Übungen, 2; Selbständige Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium, (mit Sengel und Wirtz), 6 halbe Tage; Elektrotechnisch. Seminar, 1. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I, 2; Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrische Leitungsanlagen und Stromverteilungssysteme, 2, Übungen 2. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 2, Übungen, 3; Projektieren elektrischer Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2. — **Fehmer**: Elektrische Strassenbahnen, 1. — **Staedel**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum (mit Finger, Kolb und Heyl), tägl. ausser Sonnabend. — **Diefenbach**: Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Kolloquium, 1; Chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum (mit Neumann und Winteler), tägl. ausser Sonnabend; Chemische Technologie, 4; Eisenhüttenkunde, 1. — **Finger**: Organische Experimentalchemie, 5; Kolloquium über organische Chemie, 1; Praktikum im Farbstoff-Laboratorium. — **Kolb**: Analytische Chemie II, 2; Analytische Chemie der seltenen Elemente, 1; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Heyl**: Anorganische Chemie, spezieller Teil, 2; Pharmazeutische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der pharmazeutischen Chemie, 1. — **Krausser**: Pharmakognosie, 3, Übungen, 2; Mikroskopische Untersuchung vegetabilischer Nahrungs- und Genussmittel, Übungen, 3; Pharmazeutische Gesetzeskunde, 1; Anleitung zu den mikroskopischen und bakteriologischen Untersuchungen von Nahrungs- und Genussmitteln (mit Weller), 4. — **Sonne**: Chemisch-technische Untersuchung der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 1; Chemisch-technisches Kolloquium, 1. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genussmitteln und Gebrauchsgegenständen, Übungen, 8. — **Vaubel**: Theoretische Chemie I, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, 1. — **Neumann**: Gasanalytische Methoden, 2; Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie (Elektrochemie betreffend), 1; Nutzmetalle, 1. — **Lincke**: Maschinenelemente, 4, Konstruktionsübungen, 9; Kinematik I, 2, II, 1. — **Berndt**: Allgemeine Maschinenlehre, 3; Werkzeugmaschinen, 2; Ausgewählte Abschnitte aus der Festigkeitslehre, 2; Konstruktionsübungen in Maschinenelementen, 3. — **Krauss**: Mechanische Technologie I, 2, II, 4; Maschinenzeichnen, 1, Übungen 3; Heizung und Lüftung, 2. — **Gutermuth**: Dampfmaschinen, 6, Konstruktionsübungen, 6. — **Pfarr**: Hebemaschinen, 2; Wasserkraftmaschinen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Wasserwerksbauten, 2. — **Beck**: Gewichts- und Kostenberechnungen der Maschinenfabrikation, 1. — **Gundelfinger**: Elemente der höheren Algebra mit Übungen, 1; Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 4; Analytische Übungen. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen, 2; Mechanik II, 6, Übungen, 3; Hydrodynamik, 1. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 4; Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen 6, II, 1, Übungen 2; Arbeiten im mathematischen Institut. — **Scheffers**: Höhere Mathematik für Architekten und Chemiker, 3, Übungen 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6. — **Fenner**: Trigonometrie, 3; Geodäsie, 3; Geodätische Übungen, 4; Planzeichnen, 4. — **Graefe**: Repetitorium der Elementarmathematik, 2, Übungen, 2; Höhere Mathematik für Architekten und Chemiker, 3, Übungen, 2.

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum I, 3, II, 6 oder 9. — **Mollier**: Technische Thermodynamik, 4, Übungen, 1; Kinematik, 2, Übgn., 3. — **M. Toepler**: Spektralanalyse, 1; Physikalische Messkunde II, 1. — **Ulbricht**: Telegraphie und Telephonie, 2 *g*. — **Krone**: Theorie und Praxis der Photographie nebst Kolloquium über wissenschaftliche Photographie, 3; Lichtpausen, 2 *g*. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik I, 2; Elektrotechnische Messkunde, 2; Elektrische Starkstromanlagen, 2, Übungen, 2; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 12, für Maschineningenieure und Chemiker, 4; Grössere elektrotechnische Spezialarbeiten, 30; Elektrotechnisches Kolloquium (mit Kübler), 2 *g*. — **Kübler**: Dynamomaschinen I, 2; Entwerfen von Dynamos und Starkstromapparaten, 4; Elektrische Fahrzeuge, 2. — **Grübler**: Technische Mechanik (für Bau-, Maschinen- und Elektroingenieure), 2; Technische Mechanik, 4, Übungen, 1. — **Scheit**: Maschinenelemente (Fortsetzung), 5; Maschinenkonstruieren, 10; Hebemaschinen, 2; Untersuchung von Baumaterialien in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, 3. — **Fischer**: Allgemeine Maschinenlehre, 3; Eisenbahnmaschinenwesen, 3; Skizzieren für die chemische Abteilung, 4, für die mechanische Abteilung, 4. — **L. Lewicki**: Dampfmaschinen I, 4; Dampfkessel, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Maschinenbau: Lokomotiven, 2; Maschinenkonstruieren für Maschineningenieure, 10, für Elektroingenieure, 5; Arbeiten im Maschinenlaboratorium A (Kraftmaschin.) m. Kolloquium (m. E. Lewicki), 3. — **Ernst Müller**: Allgemeine mechanische Technologie II, 3; Technologisches Praktikum für die Faserstofftechnik, 20; Weberei, 3. — **Scheffler**: Die techn. Sprache (deutsch-französisch-englisch), Übungen, 2. — **Fritz Förster**: Elektrochemie, ihre Theorie und technische Anwendung, 2; Physikalische (theoretische) Chemie II, 3; Praktikum für Elektrochemie, 8; Praktikum für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie, ganztägig. — **Erich Müller**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie, 1. — **Hempel**: Metallurgie, 2; Chemische Grossindustrie, 2; Brennmaterialien, Theorie der rauchfreien Feuer, 1; Anorganisch-chemisches Praktikum, (Qualitative Analyse), 12; Anorganisch-chemisches Praktikum (Quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse), ganztägig. — **v. Meyer**: Organische Chemie, 5; Kolloquium (mit v. Walther), 1 *g*; Organisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Bucherer**: Anwendung und Weiterentwickelung wichtiger chemischer Reaktionen durch die Technik, 1 *g*; Die organischen Heilmittel mit besonderer Berücksichtigung ihrer Synthese und Anwendung, 1. — **Lottermoser**: Titriermethoden, 1. — **Möhlau**: Chemie der Textilindustrie: Gewinnung der Spinnfasern und ihre Veredelung durch Bleicherei, Färberei, Zeugdruck und Appretur, 3; Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe II, 2; Praktikum für Farbenchemie, halbtägig, für Färbertechnik, halbtägig, für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie, ganztägig. — **Renk**: Nahrungsmittelchemie, 2; Wohnungshygiene, 1; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genussmitteln, ganztägig; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, halbtägig. — **v. Walther**: Wichtige Einzelkapitel der organischen Chemie (Harnsäuregruppe, Alkaloide, Terpene, Eiweisskörper), 1; Arbeitsmethoden der organisch-chemischen Laboratoriumstechnik, 1 *g*. — **Helm**: Analytische Geometrie II, 3, Übungen, 1; Analytische Mechanik, 2, Übungen, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Physik, mit Übungen, 1; Wahrscheinlichkeitslehre, 1. — **Fuhrmann**: Anwendungen der Differential- und Integralrechnung, 2; Vermessungslehre, 2; Geodätisches Zeichnen, 2. — **Heger**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 1. — **Krause**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1; Theorie der reellen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Naetsch**: Numerische Auflösung algebraischer Gleichungen, 2. — **Rohn**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 6; Kegelschnitte, 1; Invarianten und Gleichungen 3., 4. und 5. Grades, 2. — **Pattenhausen**: Geodäsie I, 3, Übungen, 2; Geodäsie II, 2, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2, Übungen, 2; Geodätische Ausarbeitungen für Bauingenieure, 2, für Vermessungsingenieure, 4; Geodätische Rechenübungen, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Seminaristische Übungen für Geodäten, 2. — **Gravelius**: Einleitung in die Klimatologie, 2; Wetterprognose, 1, Übungen, 1.

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, 40; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Schmidt**: Theoretische Optik und Elektrizitätslehre, 4. — **Müller**: Mathemat. Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1, Übgn., 1. — **Fischer**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Vollpraktikum, 40; Halbpraktikum, 20. — **Paal**: Chemie in ihrer Anwendung auf Pharmazie und Medizin (organischer Teil), 3; Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, 2; Praktischer Kurs für Studierende der Pharmazie, 20; Chemisches Praktikum, a) Vollpraktikum, 44, b) Halbpraktikum, 24 bezw. 20; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genussmittel, a) Vollpraktikum 44, b) Halbpraktikum, 24 bezw. 20. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse, 3; Chemie der Benzolderivate, 2; Kolloquium über neuere chemische Litteratur (mit Henrich), 1 *g*. — **Henrich**: Ausgewählte Kapitel aus den heterocyklischen Verbindungen (Chemie des Pyridins, Chinolins, der wichtigsten Alkaloide, der Harnsäurederivate etc.), 3. — **Jordis**: Über die modernen Theorien in der Chemie (Ionentheorie), 2. — **Gordan**: Differential- u. Integralrechng., 4; Zahlentheorie, 4; Übungen im Seminar, 3 *g*. — **Nöther**: Analytische Geometrie, 4; Analytische Mechanik, 4; Mathematische Übungen, *g*.

Universität Freiburg i. B.

Himstedt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, tägl. ausser Sonnabend; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **G. Meyer**: Theoretische Elektrochemie, 2; Anwendung der Thermodynamik auf physikalische und chemische Prozesse, 1; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, Sonnabend Vormittag; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten für Geübtere, nach Verabredung. — **Königsberger**: Anwendung partieller Differentialgleichungen in der Physik, 2; Erläuterungen zum physikalischen Praktikum, 1. — **Gattermann**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt), tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Seminar, 2 *g*, 14 tg. — **Willgerodt**: Organische Experimentalchemie, 4; Nahrungsmittelchemie, 1 oder 2. — **Edinger**: Organische synthetische Chemie II: Aromatische Verbindungen, 3. — **Fromm**: Über qualitative Analyse, 1; Repetitorium der Chemie für Mediziner, 2; Über Stereochemie, 1. — **Wolf Müller**: Theoretische Chemie (organischer Teil), 2; Theoretische Grundlagen der chemischen Analyse, 1 *g*. — **Lüroth**: Analytische Geometrie der Ebene und Differentialrechnung, 5; Populäre Astronomie, 2; Mathematisches Seminar. — **Stickelberger**: Algebraische Analysis, 3; Elliptische Funktionen, 4. — **Loewy**: Differentialgleichungen, 3; Politische Arithmetik, 3. — **Rebmann**: Stereometrie und Elemente der darstellenden Geometrie, 3.

Universität Giessen.

Drude: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum, 6; Praktikum für Vorgeschrittene, tägl.; Physik. Kolloquium. — **Fromme**: Theor. Elektrizitätslehre, 4; Mathematische Geographie und Elemente der Astronomie, 1. — **Naumann**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Untersuchung von Nahrungsmitteln und technischen Erzeugnissen (mit Eidmann), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Schröder**: Analytische Chemie II, 2. — **Eidmann**: Pharmazeutisch-chemische Präparate II, 2; Einführung in die organische Chemie, 2; Untersuchungen von Nahrungs- und Genussmitteln auf Vergiftungen und Verfälschungen, 1. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, 5; Elektrochemie, experimentell und theoretisch, 2; Chemisches Kolloquium, $1^1/_2$. — **Klappert**: Chemisches Repetitorium, 2. — **Pasch**: Analytische Geometrie der Ebene II, $3^1/_2$; Variationsrechnung, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 2, 14 tg. — **Netto**: Differential- und Integralrechnung, 3; Analytische Mechanik, 3. Funktionentheorie (Fortsetzung), 2; Übungen des mathematischen Semin., 2 *g*, 14 tg. — **Haussner**: Zahlentheorie, 4; Darstellende Geometrie (Kotierte Projektion, Axonometrie, Centralprojektion) mit Übungen, $4^1/_2$; Übungen über die Elemente der höheren Mathematik (Algebra, analytische Geometrie, Differential- und Integralrechnung), $1^1/_2$.

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik II, 3; Physikalische Übgn., 8; Ausgewählte Probleme der Elektrizität, 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten, 40 *g*. — **Voigt**: Mechanik deformierbarer Körper, 5; Physikalisches Praktikum, 2 und 4; Probleme der Krystalloptik (im Seminar), 1 *g*; Physikalische Beobachtungen für Vorgerücktere, 40 *g*. — **Simon**: Liest nicht. — **Kaufmann**: Die elektrischen Erscheinungen in Gasen, 2. — **Abraham**: Neuere Fortschritte d. elektromagnetischen Lichttheorie, 2. — **Stark**: Die Ionentheorie der Elektrizität, 2. — **Coehn**: Physikalische Methoden der Chemie, 2; Technische Elektrochemie (mit Übungen), 3. — **Wallach**: Anorganische Chemie, 6; Chemische Übungen im Laboratorium, 20—40; Chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Nernst**: Theoret. Chemie, 6; Physikochem. Arbeiten und Übgn., tägl.; Akkumulatoren, 1 *g*; Physikochem. Kolloquium, 1 *g*. — **Tollens**: Techn. Chemie für Landwirte, 3; Praktikum im agrikultur-chemischen Laboratorium, 30. — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie (organischer Teil), 4; Untersuchung der Nahrungsmittel, 2; Chemisches Kolloquium für Pharmazeuten, 2 *g*. — **Fischer**: Chemische Technologie II, 2 *g*; Chemisch-technologische Tagesfragen, 1 *g*. — **Kötz**: Gewichts-, Mass- und Gasanalyse, 2; Moderne anorganische Chemie, 1; Statik und Dynamik in der organischen Chemie, 1. — **Manchot**: Chemie der wichtigen Gruppen organischer Stickstoffverbindungen, 2; Theorie der komplizierten anorganischen Verbindungen, 1 *g*. — **Lorenz**: Allgemeine Maschinenlehre, 2; Praktikum im Maschinenlaboratorium, 3; Theorie mechanischer Messinstrumente, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, 3 *g*. — **Klein**: Mechanik der Punkte und starren Systeme, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Hilbert**: Potentialtheorie, 4; Zahlbegriff und Quadratur des Kreises, 2; Funktionentheoretische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **Brendel**: Geodäsie, 2; Einführung in die Störungsrechnungen, *g*; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 2. — **Wiechert**: Meteorologie und Erdmagnetismus, 3, Übungen; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie und des Erdmagnetismus, 1 *g*; Geophysikalische Arbeiten Vorgeschrittener, *g*. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4; Kinematik, 1 *g*. — **Ambronn**: Geographische Ortsbestimmungen, 2, Übungen; Grundlehren der Astronomie, 1 *g*. — **Bohlmann**: Mathematische Grundlagen des Versicherungswesens, 3, Übungen, 2 *g*. — **Zermelo**: Zahlentheorie, 4. — **Sommer**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 2 *g*.

Universität Graz.

Pfaundler: Experimentalphysik, 5; Physikalische Übgn., 12. — **Wassmuth**: Elektrizität und Magnetismus, 4; Die Methoden zur Bestimmung des „Ohm", 1; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 3 *g*. — **Subič**: Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie, 2. — **Streintz**: Thermochemie, 2. — **Skraup**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie: Chemie für Mediziner, Philosophen und Pharmazeuten, 5; Chemisches Konversatorium für Vorgeschrittene, 1; Chemische Übungen für Anfänger (Pharmazeuten inbegriffen), 15; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4; Übungen für Vorgeschrittene, 20. — **Schrötter**: Pharmazeutische Chemie, 4; Chemie des Pyridins und Chinolins und der natürlichen Alkaloide, 2. — **Frischauf**: Differentialgleichungen, 3; Elliptische Funktionen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Geodäsie, 2 *g*. — **v. Dantscher**: Integralrechnung, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Streissler**: Darstellende Geometrie I (Orthogonale Projektion), 3.

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, Akustik, Optik, 5; Elektrotechnik, 3, Übungen, 8. — **Streintz**: Wärmelehre: Thermodynamik u. Thermochemie, 3. — **Bartl**: Theoret. Maschinenl. II: a) Wasserkraftmasch., $2^1/_2$, b) Wärmekraftmaschinen, $3^1/_2$; Allgem. Maschinenkunde I, 4. — **Hlawatschek**: Maschinenbau Ia (Maschinenelemente I), 3, Übungen, 10, Ib (Lasthebemaschinen), 3, Übungen, $10^1/_2$, IIb (Dampfkessel und Dampfmaschinen), 4, Übungen, 15. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik (einschliesslich Elemente der graphischen Statik), 4, Übgn., 1; Enzyklopädie der Mechanik, 4; Technische Mechanik I: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 4; Theoretische Maschinenlehre I, 2; Kinematische Geometrie der Ebene, 2. — **Emich**: Anorganische Chemie, 7; Anleitung zu wissenschaftl. Arbeiten im Laboratorium (für Vorgeschrittene). — **v. Hemmelmayr**: Chemie der Kohlenhydrate, 2. — **Benj. Reinitzer**: Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, a) Eisen- und Metallhüttenkunde, 4; Unterricht und Übungen in der quantitativen chemischen Analyse im Laboratorium, 20; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der anorganisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. — **Andreasch**: Chemische Technologie der organischen Stoffe, a) Technologie der Kohlenhydrate und Gärungschemie, 4; Unterricht und Übungen in der qualitativen chemischen Analyse im Laboratorium, 18; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der organisch-technisch-chemischen Analyse, 20. — **Hocevar**: Mathematik I: Algebra und Analysis, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II: Anwendung der Differentialrechnung auf die allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen, Integralrechnung, 4, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik, 4; Baumechanik (Baustatik), 4, Übungen 4; Theorie der eisernen Brücken, 4. — **Schüssler**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen 6; Theorie der Kegelschnitte, 3. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie I: Elemente der niederen Geodäsie, 4; Höhere Geodäsie (Methode der kleinsten Quadrate, das Präzisions-Nivellement, Landesvermessung), 4; Praktische Messübungen; Situationszeichnen für Hörer des geodätischen Kurses, 4, der Bauingenieurschule, 4, der Hochbauschule, 2.

Universität Greifswald.

König: Experimentalphysik: Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 4; Physikalische Übungen für Studierende der Naturwissenschaften, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Elementar-mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*; Besprechungen über neuere physikalische Arbeiten, 2 *g*. — **N. N.**: Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 2; Theoretische Physik, 4. — **Holtz**: Physikalische Apparate (Mechanik und Elektrizität), 1; Physik der Atmosphäre mit Einschluss optischer und elektrischer Phänomene, 1; Physik der Gestirne mit zeitweiser Beobachtung derselben, experimentell, 1 *g*. — **Schreber**: Kraftmaschinen (Wasser-, Dampf- und Gasmotoren), 3. — **Auwers**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 1 *g*. — **Schwanert**: Pharmazie I, 4; Analytische Chemie, 2; Besprechungen über pharmazeutisch-chemische Gegenstände, 4 *g*; Über technisch wichtige Säuren, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Pharmazeuten, 12, für Chemiker und Mediziner, 6. — **Semmler**: Über ätherische Öle, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie I, 1 *g*. — **Posner**: Anwendung der Elektrolyse, insbesondere zur quantitativen chemischen Analyse, mit Übungen, 2; Ausmittelung der Gifte und andere gerichtlich-chemische Untersuchungen, 2. — **Thomé**: Theorie der analytischen, besonders der elliptischen Funktionen I, 4; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2 *g*. — **Study**: Analytische Geometrie II, 4; Differentialgleichungen, 3, Übungen, 1 *g*.

Universität Halle.

Dorn: Theorie der Elastizität, 2 *g*; Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Laboratorium, tägl. — **Schmidt**: Übungen zur theoretischen Physik, *g*; Mechanische Wärmetheorie, 4. — **Roloff**: Die physikalischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Thermodynamische Behandlung chemischer Vorgänge, 1. — **Volhard**: Massanalyse, 1 *g*; Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Doebner und Vorländer), tägl. ausser Sonnabend. — **Maercker**: Technologische Exkursionen, *g*; Agrikulturchemie I: Die Naturgesetze der Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, 4; Technologie der Kohlehydrate (Zucker- und Spiritusfabrikation), 3. — **Doebner**: Über Alkaloide, 1 *g*; Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, 4. — **Baumert**: Gerichtliche Chemie: Ausmittelung anorganischer und organischer Gifte, $1^1/_2$; Praktische Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genussmitteln, tägl. ausser Sonnabend. — **Erdmann**: Geschichte der Chemie, 1 *g*; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. ausser Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum, 3. — **Vorländer**: Besprechung neuerer chemischer Arbeiten, 1 *g*. — **Cantor**: Theorie der elliptischen Funktionen, 5; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*, 14 tg. — **Wangerin**: Analytische Mechanik, 4; Synthetische Geometrie, 3, Übungen, 1; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*, 14 tg. — **Eberhard**: Analytische Geometrie des Raumes, 3, Übungen, 1 *g*. — **Neumann**: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 4. — **Grassmann**: Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, mit Übungen, 2; Konforme Abbildungen, 2, Übungen, 1 *g*, 14 tg. — **Buchholz**: Sphärische Astronomie mit Berücksichtigung der Theorie der wichtigsten astronomischen Instrumente, 3.

Technische Hochschule Hannover.

Dieterici: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Akustik, Optik, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik, 4. — **N. N.**: Praktische Physik, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Theoretische Elektrotechnik, 4; Entwerfen von Dynamomaschinen und Transformatoren (m. Heyck und Winkelmann), 2; Elektrotechnisches Laboratorium (mit Beckmann, Heyck, Winkelmann und Schüppel), I, 8, II, nach Übereinkunft, für Maschineningenieure, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen I: Einzelanlagen (mit Winkelmann), 3, Übungen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2; Grundzüge der technischen Elektrolyse, 2; Elektrolytische Übungen, 4. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger II, 1; Elektrotechnische Messkunde, II, 2. — **Thiermann**: Das Schwingungsgalvanometer, 1. — **Franke**: Wechselstrommaschinen, 2. — **Frank**: Maschinenorgane (mit Wegener und Myssel), 5, Übungen, 7; Eisenbahnmaschinenbau (mit Ryssel), 3, Übungen, 3. — **Frese**: Ingenieurlaboratorium (mit Aschof, Elbelt und Heering), I, 1, Übungen, 4, II, 1, Übungen, 4; Theoretische Maschinenlehre (mit Aschof), 4. — **Troske**: Grundzüge des Maschinenbaues (mit Burkowitz), 3, Übungen, 4; Regulatoren der Kraftmaschinen, 2; Fabrikanlagen und Eisenbahnwerkstätten, 2. — **Klein**: Allgemeine Maschinenlehre I (mit Burkowitz), 4; Grundzüge der Maschinenlehre (mit Burkowitz), 3; Hebezeuge und Pumpen (mit Burkowitz), 2. — **N. N.**: Heizung, Lüftung und Beleuchtung geschlossener Räume, 3; Maschinenzeichnen (mit Aschof, Burkowitz und Wegener), 3. — **Seubert**: Anorganische Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Jänecke und Klapproth), tägl. ausser Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 2. — **Behrend**: Organische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Keiser), tägl. ausser Sonnabend. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, für Nichtfachchemiker, 3; Chemische Technologie I, für Chemiker, 4, Übungen, 2; Übungen in der Elektroanalyse (mit Koech), 6; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Koech), tägl. ausser Sonnabend. — **Kiepert**: Differential- und Integralrechnung I, 5, Übungen, 1; Geometrie der Lage, 3; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik (Differential- und Integralrechnung III), 2 mit Übungen. — **Runge**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1; Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 3. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Peters, Ahlf und Weber), 3, Übungen, 6, II, 3, Übungen, 6. — **N. N.**:

Mechanik I, 3, Übungen, 1, II, 4, Übungen, 1. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3; Übungen in der Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 1. — **Reinhertz**: Grundzüge der praktischen Geometrie, (mit Petzold), 2; Geodäsie I (mit Petzold), 4, Übungen, 2, II, 2.

Universität Heidelberg.

Quincke: Experimentalphysik: Allgemeine Physik, Wärme, Akustik, 5; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend; Physikalisches Praktikum, 4. — **Pockels**: Elektrizität und Magnetismus, 4, Übungen, 1 *g*. — **Eisenlohr**: Theoretische Optik, 4; Differential- und Integralrechnung, 5; Über das Potential, 2. — **Precht**: Einführung in das physikalische Praktikum, 2; Physikalische Chemie (insbesondere Thermo- und Elektrochemie), 1; Wissenschaftlich-photographische Übungen (für Studierende aller Fakultäten), 2. — **Bredig**: Physik. Chemie, 2; Die Anwendg. physik.-chem. Methoden, 1. — **Curtius**: Allgem. Chemie I: Anorgan. Experimentalchemie, 6; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. ausser Sonnabend. — **Brühl**: Organische Chemie, 3; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Jannasch**: Quantitative Analyse, 2; Chemische Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel im Anschluss an praktische Arbeiten im Laboratorium, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Knoevenagel**: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemie und Technologie der Theerfarbstoffe, 2. — **Bornträger**: Experimentalpharmazie, 5; Praktisch-chemische Übungen im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Krafft**: Organische Chemie, 3; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Dittrich**: Einführung in das chemische Praktikum und qualitative Analyse, 2; Chemisches Praktikum, tägl. ausser Sonnabend, a) ganztägig, b) halbtägig (für Anfänger und Mediziner). — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie II: Organischer Teil, 3; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2. — **Klages**: Hydroaromatische Verbindungen, 1; Spektralanalyse, 1. — **Mohr**: Stereochemie, 2. — **Koenigsberger**: Analytische Mechanik, 4; Ausgewählte Kapitel der Integralrechnung (Variationsrechnung, Differentialgleichungen), 2; Elliptische Funktionen (Fortsetzung der Funktionentheorie), 2; Übungen des mathematischen Unter- und Oberseminars, 2. — **Cantor**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Politische Arithmetik, 2. — **Koehler**: Analytische Geometrie des Raumes, 3. — **Landsberg**: Darstellende Geometrie, mit Übungen, 4; Über die Grundlagen der Geometrie, 2. — **Boehm**: Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 2; Lektüre und Besprechung der Abhandlung von Abel über die binomische Reihe, 1. — **Valentiner**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Stellarastronomie, 1. — **Wolf**: Spektralanalyse, 2 *g*.

Universität Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum, a) für Physiker, 6, b) für Chemiker, 4; Physikalische Spezialuntersuchungen; Repetitorium der Physik für Mediziner und Pharmazeuten, 1 *g*. — **Abbe**: Wird nicht lesen. — **Auerbach**: Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Straubel**: Geophysik, 2. — **Ambronn**: Einleitung in die Theorie des Mikroskops für Studierende der Medizin und der Naturwissenschaften, 2. — **Knorr**: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Wolff), a) Vollpraktikum, ganztägig, b) Halbpraktikum, halbtägig, c) Medizinerpraktikum, 5; Praktikum und wissenschaftliche Arbeiten (mit Duden und Rabe). — **Wolff**: Analytische Chemie, 2; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Duden**: Chemie der Teerfarbstoffe, 2. — **Immendorff**: Tiernährungslehre (Fütterungslehre), 3; Technische Chemie für Landwirte, 2; Grosses chemisches Praktikum für Landwirte (mit Lemmermann). — **Gaenge**: Gerichtliche Chemie, 1; Arzneimittellehre für Studierende der Zahnheilkunde, 2; Praktische Übungen in der Anwendung optischer Methoden (Spektralanalyse, Mikroskopie, Polarisation) zu chemischen Untersuchungen, 2. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie II, 2; Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, Vollpraktikum. — **Rabe**: Über hydroaromatische Verbindungen, 1. — **Lemmermann**: Die künstlichen Düngemittel und ihre Anwendung, 1. — **Thomae**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Elementare Funktionentheorie, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Gutzmer**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 3; Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. — **Frege**: Zahlentheorie, 4; Begriffsschrift, 1 *g*. — **Knopf**: Methode der kleinsten Quadrate, 3; Sphärische Astronomie, 2.

Universität Innsbruck.

Klemenčič: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5; Praktische Übungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*., für Mediziner, 2 *g*; Kolloquium über physikalische Arbeiten, 1 *g*. — **Radakovic**: Galvanometrie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Anfänger, 6. — **Exner**: Mathematische Physik: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Seminar für mathematische Physik, 1 *g*. — **Hammerl**: Elektrotechnik II: Wechselströme, Wechselstrommaschinen und Transformatoren, 2. — **Czermak**: Erdmagnetismus, 2; Meteorologische Optik, 2; Meteorologische Übungen, 2. — **Senhofer**: Allgemeine Chemie für Lehramtskandidaten und Mediziner I: Anorganische Chemie, 5; Methoden der analytischen Chemie, 2 *g*; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Praktische Anleitung zu analytisch-chemischen Untersuchungen für Mediziner, 2 mal halbtägig, *g*. — **Hopfgartner**: Analytische Chemie (Fortsetzung), 1; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Chemie, 1. — **Stolz**: Analysis der reellen Zahlen, a) Arithmetik, b) Differential- und Integralrechnung, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Wirtinger**: Algebraische Funktionen und ihre Integrale, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Über Differentialgleichungen, 3; Einführung in die Theorie der kontinuierlichen Gruppen, 2. — **v. Oppolzer**: Stellarastronomie, 2; Methode der kleinsten Quadrate, 2.

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4; Physikalisches Seminar (mit Sieveking), 1; Physikalisches Repetitorium (mit Sieveking), 1; Physikalisches Laboratorium (mit Mie), 6; Molekularphysik, 1. — **Arnold**: Gleichstromtechnik, 2; Wechselstromtechnik, 4; Übgn. im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher und Teichmüller), 6, II, 8. — **Meidinger**: Heizung und Ventilation der Wohnräume mit Exkursionen, 2; Dynamomaschinen mit Rücksicht auf ihre Verwendung, 1. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Messkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 3; Elementarmechanik, 2. — **Teichmüller**: Elektrotechnische und magnetische Messungen (Messungen an Leitungen, Elektrizitätszähler), 2; Elektrische Leitungen, 2; Entwerfen von Leitungsanlagen, Übungen, 2. — **Bragstad**: Elektrische Bahnen, 2. — **Mie**: Physikalische Messungen, 2; Maxwell'sche Theorie und Theorie der elektrischen Schwingungen, 7; Allgemeine Theorie der Wellen, 2; Optische Instrumente, 1. — **Seltsam**: Telegraphie und Fernsprechwesen, 2. — **Bunte**: Chemische Technologie I: Gährungsgewerbe, Zuckerfabrikation, Brennerei, Brauerei u. s. w., 2, II: Wasser, Beleuchtungstechnik, 2; Metallurgie, 1; Industrielle Feuerungen, 1; Übungen in der techn. Analyse (mit Eitner), für Chemiker, 4, für Maschineningenieure, 3; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 ganze Tage; Übungen in der technischen Analyse, für Vorgerückte, tägl. — **Engler**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, 1; Theoretische Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 ganze Tage. — **Le Blanc**: Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, 2; Physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochem. Laboratorium, 5 ganze Tage. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Analytische Chemie, 1. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2. — **Haber**: Chemische Technologie der Faserstoffe I: Faserstoffe, Teer-

farbenfabrikation, 2; Chemie der Gase, 2; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie vom Standpunkt der physikalischen Chemie, 2. — **Kast**: Industrie der Fette und Harze einschliesslich Petroleumindustrie, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, Übungen, 2. — **Scholl**: Chemie der Benzolderivate I u. II, 2. — **Schell**: Synthetische Geometrie I u. II, 3; Theoretische Mechanik I u. II, 5; Behandlung von Problemen der theoretischen Mechanik, 2. — **Schröder**: Höhere Mathematik II, 3; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2. — **Schur**: Darstellende Geometrie I u. II, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Wedekind**: Höhere Mathematik I: Infinitesimalrechnung (Differential- und Integralrechnung), 4, Übungen, 1; Analytische Geometrie, 2, Übgn., 1. — **Disteli**: Projektionslehre, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik, Übungen, 1; Theorie und Konstruktion der technisch wichtigsten Kurven, 2. — **Orsinger**: Repetitorium der Elementarmathematik, 2, Übungen, 4. — **Dehn**: Geometrie der Ebene und des Raumes, 2. — **Haid**: Prakt. Geometrie, 3; Höh. Geodäsie, 3; Geodätisch. Praktikum I, für Ingen., Forststudier. und Geometer, 2; III. für Geometer, 1 Nachm.; Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 4, Übungen, 2. — **Benoit**: Pumpen und Gebläse, 2; Eisenbahnmaschinenwesen, 3; Maschinenkonstruieren I u. II, für Studierende des Maschinenwesens, 6, für Studierende der Elektrotechnik, 3. — **Brauer**: Theoretische Maschinenlehre: Theorie der Turbinen, Mechanische Wärmetheorie, Getriebelehre, 7, Übungen, 3; Mechanisches Laboratorium, 3. — **Köhler**: Dampfmaschinen 2; Maschinenkonstruieren I u. II, für Studierende des Maschinenwesens, 6, für Studierende der Elektrotechnik, 3. — **Keller**: Maschinenelemente, 4; Maschinenkonstruktion (Triebwerke u. s. w.), für Studierende des Maschinenw., 8, der Elektrotech., 6, des Ingenieurw. (Triebwerke, Hebezeuge u. s. w.), 4; Bau der hydraulischen Motoren (Konstruktionsdetails für Wasserkraftanlagen und -Maschinen), 2. — **Lindner**: Maschinenkunde, 3; Maschinenfabrikation, 2; Mechanische Technologie, 2; Technisches Zeichnen für Chemiker, 2. — **Bergmann**: Doppelte Buchführung für technische Anlagen, 1. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, Darstellung lichtempfindlicher Präparate, 4.

Universität Kiel.

Weber: Elektrodynamik, 4; Elektrische Messungsmethoden, 1 *g*; Ausgewählte physikalische Untersuchungen und Messungen, tägl. ausser Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2. — **Lenard**: Experimentalphysik (Allgemeine Physik, Akustik, Wärmelehre), 4; Physikalisches Praktikum für Anfänger, für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten, 7; Physikalische Arbeiten Fortgeschrittener, tägl. ausser Sonnabend; Besprechungen physikalischer Fragen, 1 *g*. — **Krümmel**: Allgemeine Geophysik, Meteorologie und Ozeanographie, 4. — **Claisen**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum I: in der anorganischen Abteilung (mit Biltz), halb- und ganztägig, tägl. ausser Sonnabend, II: in der organischen Abteilung, ganztägig. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie (anorganischer Teil), 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Biltz**: Chemie der Metalle (Fortsetzung des Kollegs über anorganische Experimentalchemie), 3; Physikalische Chemie der Aggregatzustände, 2. — **Emmerling**: Über die chemischen Vorgänge der Verdauung und Ernährung, 1 *g*. — **Berend**: Über die synthetischen Methoden der organischen Chemie, 2. — **Stoehr**: Chemie der Benzolderivate (Aromatische Verbindungen), 2. — **Feist**: Stereochemie, 1; Chemie der Kohlehydrate, 1; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie (2. Serie), 14 tg., 1 *g*. — **Pochhammer**: Analytische Geometrie der Ebene, 3; Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variable, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Über allgemeine Störungen kleiner Planeten, 3; Über astronomische Strahlenberechnung, 1 *g*. — **Stäckel**: Integralrechnung und Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Abelsche Funktionen, 4; Nichteuklidische Geometrie, 1 *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Kreutz**: Einleitung in die sphärische Astronomie, 3; Astronomische Übungen, 1 *g*.

Universität Königsberg.

Pape: Über Temperatur- und Wärmemessungen, mit Demonstrationen, 1 *g*; Experimentalphysik II: Elektrizität und Magnetismus, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum. — **Volkmann**: Physikalisch-theoretische Übungen, 1 *g*; Theorie des Lichtes, 4; Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten, für Anfänger und Vorgerückte, 6. — **Lossen**: Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie, 1 *g*; Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, tägl.; Kleines chemisches Praktikum. — **Klinger**: Vergleichende Chemie, 1 *g*; Anorganische Chemie, 4; Chemische Giftlehre, 2; Übungen im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Stutzer**: Seminaristische Übungen (mit Backhaus), *g*; Die Chemie der tierischen Ernährung, 4; Kleines chemisches Praktikum, für Anfänger, tägl. ausser Sonnabend; Grosses chemisches Praktikum, tägl. — **Blochmann**: Maschinelle Hilfsmittel der chemischen Technik, 1 *g*; Technische Chemie II: Die Grossindustrie auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, 2. — **Löwenherz**: Die physikalischen Eigenschaften der chemischen Verbindungen und ihre praktische Verwendung, 1 *g*; Einleitung in die organische Chemie, 1; Über Lösungen und die Methoden der Molekulargewichtsbestimmung, mit Demonstrationen, für Chemiker und Mediziner, 1; Elektrochemische und physikalisch-chemische Übungen und Arbeiten, *g*. — **Kippenberger**: Industrielle Chemie, mit chemischer Technologie, 2 *g*; Analytisch-chemisches Kolloquium, 1 bis 2 *g*; Galenische Präparate, 1; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel in ausgewählten Kapiteln, 1. — **Struve**: Spezielle Teile aus der Störungstheorie, 1 *g*; Sphärische Astronomie, 3. — **Meyer**: Über neuere Dreiecksgeometrie, 1 *g*; Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Schoenflies**: Funktionentheorie, 5; Allgemeine Einleitung in die höhere Mathematik, für Studierende aller Fakultäten, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*. — **Saalschütz**: Weitere Ausführung einzelner Kapitel der Differentialrechnung (Maximum-Minimum-Rechnung, höhere Differentialquotienten, Geometrisches), 2 *g*; Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. — **Cohn**: Die Anwendung der Photographie in der Astronomie, 1 *g*; Geschichte der Astronomie, 2. — **Vahlen**: Projektive Geometrie, 4; Determinanten, 2. — **Müller**: Einführung in die darstellende Geometrie, 4; Einführung in die Grassmann'sche Ausdehnungslehre, 2.

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik II: Licht, Magnetismus, Elektrizität, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum, 9; Physikalisches Kolloquium (mit Boltzmann), 2 *g*. — **Boltzmann**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 5; Übungen in theoretischer Physik, 1 *g*. — **v. Oettingen**: Spezielle Teile der Physik, 2 *g*. — **Wislicenus**: Organische Experimentalchemie, 5; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Metalle, $1\frac{1}{2}$ *g*; Chemisches Vollpraktikum für Analytiker, für Vorgerücktere (mit Stobbe und Rassow), tägl.; Chemisches Halbpraktikum, 15. — **Ostwald**: Allgemeine und physikalische Chemie II: Verwandtschaftslehre, 4; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl.; Besprechung wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g*. — **Knoblauch**: Beurlaubt. — **Beckmann**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Besprechung pharmazeutisch-chemischer Präparate (organische Präparate), 2 *g*; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittel-Chemie, tägl.; Pharmazeutisch-toxikologisches Praktikum, tägl., halbtägig. — **Weddige**: Technische Gasanalyse mit praktischen Übungen, 2. — **Fischer**: Bakterien und Hefen, 2; Übungen im mikroskopischen Untersuchen von Nahrungsmitteln, 2. — **Stobbe**: Organische Chemie III: Pyridin, Chinolin und andere heterocyklische Verbindungen, 1; Mehrkernige aromatische Verbindungen (Gruppe des Diphenyls, der Polyphenylmethane, des Naphtalins, Anthracens) und die hydroaromatischen Substanzen, 1. — **Wagner**: Grundzüge der organischen Chemie, 2; Qualitative Analyse, 1; Chemisches Praktikum für Lehrer (Analyse und Schulversuche), tägl. — **Rassow**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 2; Chemische Technologie II: Organische Betriebe (Gärungsgewerbe, Zucker u. s. w.) mit

Exkursionen, 2. — **Luther**: Elektrochemie, 2. — **Bodenstein**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie vom physikalisch-chemischen Standpunkte, 2. — **Scheibner**: Liest nicht. — **Neumann**: Theorie des Potentials und der Kugelfunktionen (Fortsetzung), 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Ad. Mayer**: Wird noch ankündigen. — **Hölder**: Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*; Galoissche Theorie der Gleichungen, 2. — **Engel**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Differentialinvarianten und Gruppentheorie (Fortsetzung), 1, Übungen (mit Kowalewski), 1 *g*. — **Hausdorff**: Projektive Geometrie in synthetischer Behandlung, 4; Nichteuklidische Geometrie, 2. — **Kowalewski**: Funktionentheorie (nach Weierstrass), 4, Übungen, 1 *g*; Einleitung in die Theorie der Transformationsgruppen, 2. — **Liebmann**: Analytische Geometrie des Raumes, 2, Übungen, 1 *g*; Theorie und Anwendung der Determinanten, 2. — **Bruns**: Sphärische Astronomie, 4; Seminar für wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Praktische Übungen in der Sternwarte (mit Peter), *g*. — **Peter**: Stellarastronomie, 2.

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum (mit Feussner), 6; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Feussner), 2. — **Feussner**: Theoretische Physik I: Licht, Wärme, 4; Theorie der Gase, 1 *g*. — **Zincke**: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, für Chemiker und Mediziner, 5; Repetitorium über anorganische Chemie, für Mediziner, 1; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Schenck), tägl. — **E. Schmidt**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Über Prüfung der Arzneimittel, 1; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel (mit Fritsch und Gadamer). — **Fittica**: Analytische Chemie, 4; Ältere Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **Fritsch**: Qualitative Analyse, 1; Chemie der Benzolderivate, 2. — **Schaum**: Physikalische Chemie, 3; Anleitung zu Schulversuchen, 2. — **Gadamer**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 2; Repetitorium und Examinatorium der Chemie für Pharmazeuten, 4; Ausmittelung der Gifte, 1. — **Schenck**: Chemie der Metalle, 3; Elektrochemisches Praktikum, 3, Erläuterungen, 1 *g*. — **Schottky**: Integralrechnung, 4; Zahlentheorie, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 2. — **Hess**: Geometrie des Raumes in analytischer und synthetischer Behandlung, 4; Theorie der algebraischen Gleichungen und der Determinanten, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 3. — **v. Dalwigk**: Anwendungen der Differential- und Integralrechnung, 3; Kinematik, 1.

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik I, 5; Praktische Übungen im Laboratorium (mit Graetz und Zehnder), 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Graetz**: Maxwell'sche Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Neuere geometrische Optik, 1. — **Donle**: Physikalische Masse und Messmethoden, 2. — **Zehnder**: Über elektrische Schwingungen mit Demonstrationen, 1. — **v. Baeyer**: Unorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Hofmann und Piloty in der unorganischen, mit Königs und Thiele in der organischen Abteilung), tägl. ausser Sonnabend. — **Hilger**: Pharmazeutische Chemie I, 4; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Nahrungsmittelchemie I: Physiologische Chemie, Gärungsgewerbe, 2; Chemisches Praktikum mit Einschluss elektrolytischer Arbeiten (mit Weinland) ganz- und halbtägig, tägl. ausser Sonnabend; Spezialkursus für Studierende der Pharmazie im 3. Semester; Arbeiten auf dem Gesamtgebiete der Nahrungsmittel- und physiologischen Chemie. — **Koenigs**: Kohlenhydrate, 1 *g*. — **Thiele**: Benzolderivate, 4; Organische Reaktionen, 1 *g*. — **K. Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: Metalloide und Schwermetalle, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4; Praktikum für Spektralanalyse, 2. — **Piloty**: Analytische Chemie (qualitative und quantitative Gewichtsanalyse), 3; Elektrolytisches Praktikum, ganztägig. — **Brunn**: Einleitung in die mathematische Auffassung der Naturwissenschaften nebst Elementen der mechanischen Wärmetheorie, für Chemiker, 4; Spezialkolleg oder Übungen, 2. — **Korn**: Kinetische Gastheorie, 2; Variationsrechnung, 2. — **Willstätter**: Chemie der Fettreihe, 2; Repetitorium der organischen Chemie (Kolloquium), 1. — **Dieckmann**: Über die Beziehungen zwischen den Reaktionen der anorganischen und organischen Chemie, 1. — **Weinland**: Prüfung und Wertbestimmung der Arzneimittel mit Berücksichtigung des deutschen Arzneibuches II: Organischer Teil, 1. — **Bauer**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Lindemann**: Differentialrechnung, 5; Analytische Mechanik, 4; Über Linien- und Kugelgeometrie, 2; Mathematisches Seminar, $1^1/_2$ *g*. — **Seeliger**: Theorie des Potentiales mit besonderer Rücksicht auf die Theorie der Figur der Himmelskörper, 4; Astronomisches Kolloquium, *g*. — **Pringsheim**: Elementare Theorie der unendlichen Reihen, Produkte und Kettenbrüche, 4; Einleitung in die Theorie der analytischen Funktionen, 4. — **Erk**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, unter besonderer Berücksichtigung der Forst- und Landwirte, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Meteorologie, tägl. *g*. — **Döhlemann**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 3; Neuere (synthetische) Geometrie, 5, Übungen, 1 *g*. — **Anding**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **v. Weber**: Einleitung in die Analysis, 4; Differentialgleichungen, 4. — **Schwarzschild**: Über das Dreikörperproblem nach Poincaré, 3. — **Göttler**: Algebra, 4, Übungen, 2 *g*.

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik: Mechanik, Wärmelehre, Reibungs-, Berührungs- und Thermoelektrizität, 6; Physikalisches Praktikum, 4 od. 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der Physik, 48. — **Fischer**: Einführung in die kinetische Gastheorie, 2, Übungen, 1. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie (Technische Thermodynamik), 3; Theoretische Maschinenlehre I, 3, II, 2; Übungen zur theoretischen Maschinenlehre (Graphische Lösung von Aufgaben aus der theoretischen Maschinenlehre), 2. — **Emden**: Mechanik der Atmosphäre (Grundzüge der Meteorologie), 2; Die allgemeine Cirkulation der Atmosphäre, 1. — **Edelmann**: Physikalische und elektrotechnische Übungen für Vorgeschrittene. — **Voit**: Angewandte Physik (Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter), 3; Elektrotechnik für Maschineningenieure und Chemiker, 2; Beleuchtungstechnik und Konstruktion der Bogenlampen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2. — **Heinke**: Grundzüge der Elektrotechnik für Elektroingenieure I, 2; Elektrotechnische Messkunde I, 2; Elektrotechnisches Praktikum I: Messtechnik und Photometrie, 8; Elektrische Arbeitsübertragung und Centralanlagen, 2. — **Ossanna**: Starkstromtechnik, 2; Konstruktionslehre der Wechselstrommaschinen, 2; Entwerfen von Wechsel- und Gleichstromkonstruktionen, 4. — **Gleichmann**: Theorie und Konstruktion der Schalt- und Regulierapparate, sowie Kostenberechnung von Maschinen und Apparaten, 1; Elektrische Strassen- und Vollbahnen, 2. — **N. N.**: Konstruktionslehre der Maschinenteile I, 6; Entwerfen von Maschinenteilen I, für Maschineningenieure, 8, für Elektroingenieure, 6. — **Ultsch**: Konstruktionslehre der Arbeitsmaschinen I, 2, II, 2; Elementare Mechanik, 2; Allgemeine Maschinenlehre 3; Entwerfen von Arbeitsmaschinen I, 6. — **v. Lossow**: Wasserkraftmaschinen, 6; Dampfkessel und deren Feuerungen, 2. — **Lynen**: Entwerfen von Dampfmaschinen, 8; Konstruktionslehre der Eisenbahnmaschinen, 2. — **v. Linde**: Theorie der Kältemaschinen, 2. — **v. Hoyer**: Mechanische Technologie I, 6. — **Muthmann**: Unorganische Experimentalchemie einschliesslich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiet der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Schultz**: Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30; Chemische Technologie I, 2, II, 4; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium.

20—30. — **Eibner**: Chemie der Benzolderivate, 4. — **Rohde**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie mit Berücksichtigung der Tageslitteratur, 1. — **Lipp**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Massanalyse II, 2; Brennmaterialien und Feuerungsanlagen mit Einschluss der technischen Gasanalyse I, 2. — **Hofer**: Elektrochemie I, 3. — **Baur**: Theoretische Chemie, 3. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlenhydrate, 3; Gärungschemisches Praktikum, 30; Technologie und Warenkunde (für Zolldienst-Aspiranten) II, 4. — **v. Braunmühl**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 4, Übungen, 1; Einleitung in die Theorie der elliptischen Funktionen, 3; Mathematisch-historisches Seminar, 1. — **v. Dyck**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 3; Algebra mit Übungen, 5; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder), 2. — **Finsterwalder**: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 3; Geometrische Optik, 2. — **Anding**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Burmester**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum I, 2 oder 4; Höhere Geodäsie und Ausgleichungsrechnung, 4; Katastermessungen, 3; Kartierungsübungen, 4. — **Bischoff**: Ausgleichungsrechnung (Praktikum), 1; Mechanisches und graphisches Rechnen, 1. — **Hohenner**: Anlage und Fortführung der bayerischen Steuerkataster, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik einschliesslich der Elemente der graphischen Statik und der analytischen Mechanik II: Graphische Statik, 3, III: Festigkeitslehre, 4; Übungen auf dem Gebiete der technischen Mechanik, 2.

Akademie Münster.

Hittorf: Liest nicht. — **Heydweiller**: Experimentalphysik II: Akustik, Magnetismus, Elektrizität, Optik, 4; Thermodynamik (Mechanische Wärmetheorie) und ihre Anwendung auf chemische und elektrische Probleme; Physikalische Übungen, 3 oder 6; Wissenschaftliche Untersuchungen im physikalischen Institut; Physikalisches und physikalisch-chemisches Kolloquium, *g*. — **Salkowski**: Anorganische Chemie, 5; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2 *g*; Praktische Übgn. und Leitung wissenschaftlicher Arbeiten im chemischen Institut, 30. — **König**: Analytische Chemie I, 1; Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 2 *g*; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 39 *g*. — **Kassner**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, mit Demonstrationen und Experimenten, 4; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen des elektrischen Stromes, 1; Pharmazeutisch-chemische, toxikologische und massanalytische Übungen im Laboratorium, Darstellung chemischer Präparate, Elementar-Analyse, 35; Massanalyse, 1 *g*. — **Killing**: Algebra und algebraische Gleichungen, 4; Differential- und Integralrechnung II, 3; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*; Übungen zur Differential- und Integralrechnung, 1 *g*. — **v. Lilienthal**: Analytische Geometrie II, 4; Analytische Mechanik II, 4; Übungen des mathematischen Unterseminars, 1 *g*.

Universität Prag.

Lecher: Experimentalphysik I, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl. *g*. — **v. Geitler**: Physikalisches Praktikum I, a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Naturhistoriker und Chemiker, 3; Physikal. Messmethoden (Ergänzung des vorstehenden), 2; Theorie des Wechselstromes, 1. — **Lippich**: Elektrodynamik, 3; Theoretische Optik, 2. — **Spitaler**: Allgemeine Meteorologie II: Physik der Atmosphäre, 3; Die erdmagnetischen Verhältnisse von Österreich-Ungarn, 1. — **Goldschmiedt**: Anorganische Chemie für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Experimentierübungen, 2; Chemische Übungen, tägl. ausser Sonnabend; Chemische Übungen für Mediziner, 10; Übungen in sanitätspolizeilich-chemischen Untersuchungen und in der Prüfung der offizinellen chemischen Präparate für Physikatskandidaten, 15; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Gintl**: Anleitung zur Vornahme gerichtlich-chemischer Untersuchungen (für Lebensmittelchemiker) mit praktischen Übungen, 4. — **Brunner**: Pharmazeutische Chemie, 4. — **v. Garzarolli**: Qualitative Analyse mit Demonstrationen, 2; Nachweis organischer Verbindungen, 1; Nachweis anorganischer Gifte, 1. — **Meyer**: Organische Farbstoffe, 2. — **Pick**: Algebraische und zugehörige transcendente Funktionen, 4; Determinanten, 1 *g*. — **Gmeiner**: Differentialrechnung, 3; Differentialgeometrie, 2. — **Weinek**: Sphärische Astronomie I, 3. — **Oppenheim**: Mechanik des Himmels, 2; Geschichte der Astronomie, 1. —

Technische Hochschule Prag.

Geitler v. Armingen: Physik, 5; Physik, ausgewählte Kapitel für Chemiker, 2. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 4, Übungen 3; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 1. — **Stark**: Enzyklopädie der Mechanik II, 2; Mechanik I, 6, Repetitorium, 1; Graphische Statik, 2, Konstruktionsübungen, 2; Baumechanik I, 2; Materialienlehre, 1. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Massanalyse und chemische Arithmetik, 1; Physikalische Chemie, 3; Theorie der cyklischen Verbindungen, 2. — **Gintl**: Allgemeine Experimentalchemie (Mineralstoffe), 5; Allgemeine Experimentalchemie (Kohlenstoffverbindungen), 4; Praktische Übungen in der Ausführung chemischer Operationen und Darstellung von Präparaten, 6; Analytische Chemie (qualitative), 2, Repetitorium, 2, Praktische Übungen, 19; Praktische Übungen in der quantitativen Analyse, 24; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen (mit Storch). — **Zulkowski**: Chemische Technologie organischer Stoffe, $6^1/_2$, Übungen im chemisch-technischen Laboratorium. — **W. Gintl**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Praktische Übungen in der Ausführung von Heizgasuntersuchungen, 1. — **Doerfel**: Maschinenlehre, 3; Maschinenbau II, 2, Konstruktions-Übungen, 4. — **Baudiss**: Maschinenbau II, 4, Konstruktions-Übungen, 6; Maschinenbau, ausgewählte Kapitel, 3. — **Mikolaschek**: Mechanische Technologie I, 5, III, 5 und Technologische Exkursionen; Mechanische Technologie (für Hörer der Bauingenieur- und Hochbauschule), 5. — **Schiebel**: Allgemeine Maschinenkunde, 3; Maschinenbau I, 2, II, 4, Konstruktions-Übungen, 7; Technisches Zeichnen, 4. — **Weiss**: Mathematik I, 6, Repetitorium, 2; Elemente der höheren Mathematik, 6, Repetitorium, 1; Politische Arithmetik, 1. — **Grünwald**: Mathematik II, 5, Repetitorium, 1; Differentialgleichungen und deren Anwendung auf Geometrie und Mechanik, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 8; Geometrie der Lage, 3, Übungen, 1.

Universität Rostock.

Matthiessen: Experimentalphysik II: Wellenlehre, Akustik, Wärme, Elektrizität und Magnetismus, 5; Graphische Dioptrik sphärischer Flächen, 2; Kleines physikalisches Praktikum, 12; Grosses physikalisches Praktikum für Geübtere (mit Wachsmuth), tägl.; Physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Wachsmuth**: Potentialtheorie, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Kümmell), 2, 14 tg. — **Kümmell**: Chemische Statik und Kinetik, 2; Physikalisch-chemisches Anfänger-Praktikum, 3; Arbeiten im elektro-chemischen Laboratorium, tägl. *g*. — **Michaelis**: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium, a) grosses Praktikum, tägl. ausser Sonnabend, b) kleines Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner, 4, d) Übungen für Nahrungsmittelchemiker, 4; Pharmazeutische Präparatenkunde, 2 *g*. — **Heinrich**: Kleines agrikulturchemisches Praktikum, 6; Grosses agrikulturchemisches Praktikum, 24. — **Stoermer**: Analytische Experimentalchemie (Einführung in die anorganische Chemie), 4; Gerichtlich-toxikologische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, 3. — **Staude**: Differential- und Integralrechnung, 4; Theorie der Kurven und Flächen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*.

Universität Strassburg.

Braun: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. ausser Mittwoch; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Cohn**: Elemente der theoretischen Physik, 2; Theorie des Lichts, 2. — **Zenneck**: Elektromagnetische Schwingungen II: Schnelle Schwingungen und deren praktische Verwendung, 1. — **Hergesell**: Erdmagnetismus und Luftelektrizität, 2; Meteorologische Übungen, *g*. — **Cantor**: Physikalische Chemie auf Grundlage der Thermodynamik, 2. — **Fittig**: Allgemeine Experimentalchemie, unorganischer Teil, 5; Chemische Übungen und Untersuchungen im Laboratorium (mit Rose), tägl. ausser Sonnabend. — **Rose**: Chemische Technologie der Metalloide, 5. — **Erlenmeyer**: Benzoltheorie, 1; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere (mit Kreutz). — **Köhl**: Die cyklischen Verbindungen des Steinkohlenteers und ihre Derivate, 2. — **Kreutz**: Die Chemie der menschlichen Nahrungsmittel, 2; Anleitung zur chemischen Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, 3. — **Roth**: Algebraische Analysis und Determinanten, 3; Analytische Geometrie des Raumes, 2; Gewöhnliche Differentialgleichungen, 2 *g*. — **Kraser**: Differential- und Integralrechnung, 4; Analytische Geometrie der Ebene, 3; Übungen des mathematischen Seminars (untere Abteilung), 2. — **Reye**: Analytische Geometrie des Raumes (Neuere Methoden), 3; Mathematische Theorie der Elastizität fester Körper, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*. — **Weber**: Zahlentheorie, 4; Die Lehre von den unendlichen Reihen, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein), $1^1/_2$. — **Timerding**: Flächentheorie, 2. — **Wellstein**: Graphische Statik, 2, Übungen, 2 *g*. — **Becker**: Bahnbestimmung der Planeten, Kometen und Meteore (erste Approximation), 3; Theorie der Ausgleichung der Beobachtungsfehler, 2; Seminaristische Übungen (Kolloquium), *g*; Astronomische Beobachtungen an den Instrumenten der Sternwarte, nach Verabredung. — **Wislicenus**: Astrophotographie, 1; Übungen im Zahlenrechnen in seiner Anwendung bei naturwissenschaftlichen Aufgaben, 1; Gemeinverständliche Erklärung astronomischer Wahrnehmungen, Vorkommnisse und Einrichtungen im täglichen Leben, 1 *g*. — Besprechung der neuesten litterarischen Erscheinungen auf astronomischen Gebiete, 1 *g*. — **Kobold**: Theorie der Finsternisse, 2.

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik, 4, Übungen, tägl.; Theoretische Physik, 2; Meteorologie, 1. — **Englisch**: Theoretische Photographie (physikalischer Teil), 1—2; Anwendung der Photographie in Wissenschaft und Technik mit Einschluss der Reproduktionsverfahren, 1 *g*. — **N. N.**: Elektrotechnik, 6; Wechselstromerzeugen und Transformatoren, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 8. — **Herrmann**: Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2; Theorie der Wechselströme, 2. — **Dietrich**: Elektrotechnische Messkunde II, 3; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium II, für Vorgerücktere (mit Herrmann), tägl. ausser Sonnabend; Elektrotechnisches Seminar (mit Herrmann), 1. — **Widmaier**: Allgemeine mechanische Technologie, 4, Übungen und Skizzieren, 1; Eisenhüttenkunde, 2. — **Göller**: Schattenkonstruktionen und Beleuchtungskunde, 4. — **Autenrieth**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 2. — **v. Weyrauch**: Mechanische Wärmetheorie, 4. — **Berg**: Maschinenzeichnen, 8; Schattenkonstruktionen und Perspektive, 8. — **Ernst**: Maschinenelemente, 8, Übungen, 11. — **Thomann**: Fabrikanlagen, 3; Maschinenkonstruktionen, 10; Maschinenkunde, 4. — **Bantlin**: Dampfmaschinen, 6; Elastizitätslehre, 2, Übungen, 1; Maschinenkonstruktionen für Studierende des 5. und 7. Semesters, 14. — **v. Bach**: Materialprüfung mit Übungen; Ingenieurlaboratorium mit Übungen; Erörterungen für Maschineningenieure, 1. — **Hell**: Allgemeine Experimentalchemie, 4; Übungen im Laboratorium für allgemeine Chemie (mit Kehrer), tägl. ausser Sonnabend; Organische Chemie, 5. — **Kehrer**: Analytische Chemie, 2. — **J. Schmidt**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Chemie, 1; Praktische Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 2. — **Kauffmann**: Physikalische Chemie, 1; Chemisch-physikalisches Kolloquium, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **O. Schmidt**: Chemie der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Spindler**: Physiologisch-chemische Analyse, 2. — **Philip**: Massanalyse, 1. — **Häussermann**: Technische Chemie, 2; Chemische Technologie der Brenn- und Leuchtstoffe, 2; Farbenchemie, 3; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie, tägl. ausser Sonnabend; Übungen in elektrolytischen Arbeiten. — **Haller**: Trigonometrie, 2, Übungen, 1 (für Bauingenieure 2); Plan- und Terrainzeichnen, 4; Katastermessungen, 4, Übungen; Markscheidekunst, 1, Übungen, 1. — **Roth**: Niedere Analysis, 4. — **Bretschneider**: Repetitionen in niederer Mathematik, 1. — **Cranz**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen. — **Reuschle**: Kurvendiskussion in Beispielen, 1, Übungen; Analytische Geometrie des Raumes, 2, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel aus der neueren analytischen Geometrie der Ebene und des Raumes einschliesslich Invariantentheorie, 3; Differential- und Integralrechnung II, 2, Übungen, 2, III, 2, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 1. — **Wölffing**: Theorie der bestimmten Integrale, 2 *g*; Funktionentheorie, 3. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Reine Mechanik, 3, Übungen, 1; Graphisches Rechnen, 1; Mathematisches Seminar, 1. — **Hammer**: Praktische Geometrie I, 3; Demonstrationsstunden (mit Haller), 10; Ausgleichungsrechnung, 2; Höhere Geodäsie, 2; Barometrisches Höhenmessen, mit Übungen, 1; Astronomische Zeit- und Ortsbestimmung mit Übungen, 2.

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Elektrizität, Magnetismus, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 8; Physikalisches Kolloquium, 1; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl. — **Waitz**: Theorie des Lichts, 3, Übungen, 2; Meteorologie, 1. — **Paul**: Analytische Chemie I, 3; Elementare Darstellung der physikalischen Chemie auf experimenteller Grundlage, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3; Elektrochemisches Praktikum, 3. — **v. Hüfner**: Organische Chemie, 4; Praktisch-chemische Übungen für Mediziner (mit Küster), a) für Anfänger, 9, b) für Fortgeschrittene, 6; Leitung selbständiger physiologisch-chemischer Arbeiten, tägl. — **v. Pechmann**: Allgemeine Chemie I: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, für Anorganiker (mit Paul) ganz- und halbtägig, für Organiker (mit Bülow) ganztägig, tägl. ausser Sonnabend; Leitung selbständiger Untersuchungen. — **Bülow**: Chemie des Benzols und seiner Derivate, 2; Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Grossindustrie, 1. — **Küster**: Chemie des Harns, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie für Mediziner, 2. — **Wedekind**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie II, 1; Geschichte der Chemie, 1. — **Dimroth**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1. — **v. Brill**: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Theorie der algebraischen Kurven, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Stahl**: Höhere Analysis II, 4; Partielle Differentialgleichungen, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Darstellende Geometrie II, 1, Übungen, 2; Variationsrechnung, 2, Übungen, 1; Übungen in Elementargeometrie, 1.

Universität Wien.

v. Lang: Experimentalphysik für Philosophen und Mediziner I, 4; Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*. — **Exner**: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6; Physikalisches Praktikum für Chemiker und Naturhistoriker, 4; Physikal. Übgn. für Vorgeschrittene, tägl.; Physikal. Konversatorium, 1. — **Jäger**: Elemente der theoretischen Physik I: Mechanik und Akustik, 3; Elektromagnetische Lichttheorie, 2. — **Moser**: Experimentalphysik für Hörer der Medizin und der Philosophie (insbesondere Elektrizität und Optik), 4; Demonstrationen und Übungen an und mit physikalischen Apparaten als Ergänzung der Experimentalvorlesung, 1; Einführung in die mathematische Physik für Hörer der Medizin und der Philosophie, 1. —

Lampa: Physikalisches Praktikum für Mediziner, 2. — **Benndorf**: Einführung in die Vektorenrechnung, 1; Übungen im physikalischen Rechnen, 2. — **v. Schweidler**: Optik, 2. — **Meyer**: Molekularphysik, 2. — **Hasenöhrl**: Elektromagnetismus, 2. — **Mache**: Kinetische Gastheorie, 2. — **Hann**: Allgemeine Klimatologie, 2; Physik des Meeres (Grundzüge der Ozeanographie), $1^1/_2$; Die Erde als Magnet (für Geographen und Physiker), $1^1/_2$. — **Pernter**: Mechanik der Atmosphäre, 3. — **Trabert**: Meteorol. der höh. Luftschichten, 1. — **Lieben**: Experimentalchemie I: Anorgan. Chemie (mit Berücksichtigung auch medizinischer Hörer), 5; Chemische Übungen, für Anfänger, 5 Tage, für Mediziner, 4; Arbeiten im I. und II. chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, tägl. — **Lippmann**: Organische Chemie I: Chemie der Fettkörper, 3; Chemische Übungen für Anfänger, 5 Tage; Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, tägl. — **Herzig**: Chemie der Benzolderivate, 5; Analytische Chemie (qualitativer Teil), 2; Analytische Chemie (quantitativer Teil), 2. — **Zeisel**: Die Zuckerarten, 2. — **Schacherl**: Ausgewählte Kapitel aus der Nahrungsmittelkunde, insbesondere für Kandidaten der Nahrungsmittelexpertise, 3. — **Blau**: Die Terpene und Kampfer, 1. — **Vortmann**: Gerichtlich-chemische Analyse, 2. — **Pomeranz**: Theoretische Chemie, 2; Ätherische Öle, 1. — **Franke**: Anleitung zur chemischen Analyse (im Anschlusse an die chemischen Übungen für Mediziner), 1. — **Pollak**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Technologie des Steinkohlenteers, 1. — **Wenzel**: Anorganische Technologie, 1. — **v. Escherich**: Funktionentheorie, 5; Proseminar für Mathematik, 1; Seminar für Mathematik, 2. — **Gegenbauer**: Elemente der Differential- und Integralrechnung (unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Naturhistoriker, Physiker, Mediziner und Versicherungstechniker), 5, Übungen, 1 *g*; Übungen im mathematischen Proseminar, 1; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Mertens**: Algebra, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2; Übungen im mathematischen Proseminar, 1. — **Kohn**: Analytische Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Differentialgeometrie II: Flächentheorie, 1; Die Methoden der darstell. Geometrie, 1. — **Tauber**: Versicherungsmathematik, 4, Übgn., 2 *g*. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Daublebsky v. Sterneck**: Differentialgeometrie (Kurven- und Flächentheorie), 2; Kummers Theorie der Idealzahlen, 1. — **Carda**: Theorie der kontinuierlichen Gruppen, 3. — **Weiss**: Theoretische Astronomie, 4. — **v. Hepperger**: Einleitung in die theoretische Astronomie, 3; Spektralanalyse des Lichtes der Fixsterne, 2. — **Schram**: Theorie der Sonnenfinsternisse und verwandten Erscheinungen, 2; Astronomische Chronologie, 1. — **Hillebrand**: Mechanik des Himmels, 4. — **Hartl**: Ausgewählte Kapitel der höheren Geodäsie mit Berechnung von Zahlenbeispielen, 5.

Technische Hochschule Wien.

Ditscheiner: Allgemeine und technische Physik, 5; Optik für die Hörer des geodätischen Kurses, 2; Physik für Chemiker, 2. — **Hochenegg**: Elektrotechnik, 4, Praktische Übungen und Untersuchungen, 4. — **Sahulka**: Theorie der Wechselströme und deren Anwendung in der Praxis, 3. — **Grau**: Elektrotechnisches Praktikum, 4. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. — **Liznar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie für Ingenieure, 2. — **Strache**: Beleuchtungswesen, 2. — **Kobes**: Theoretische Maschinenlehre, 4. — **v. Radinger**: Maschinenbau I, $4^1/_2$, Konstruktionsübungen, $14^1/_2$. — **v. Hauffe**: Maschinenbau II, 5, Konstruktionsübungen, 10. — **Englaender**: Allgemeine Maschinenkunde, 3; Über Eisenbahn-Betriebsmittel, 2. — **Meter**: Feuerungstechnik, Heizung, Lüftung und sonstige gesundheitstechnische Ausbildung von Wohn-, Fabriks- und öffentlichen Gebäuden, 3. — **v. Stockert**: Eisenbahn-Betrieb, 3. — **Kick**: Mechanische Technologie I: a) für die Hörer der Maschinenbauschule, 5, b) für die Hörer der Bauingenieur- und Hochbauschule, 5. — **Hauptfleisch**: Mechanische Technologie III, 5. — **Oser**: Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 5, Übungen, 20. — **v. Perger**: Chemische Technologie der organischen Stoffe, 5, Übungen, 20; Chemie der aromatischen Verbindungen, 3. — **v. Höhnel**: Technische Warenkunde, 2, Übungen, $1^1/_2$; Technische Mikroskopie, 2, Übungen, 3. — **Bauer**: Allgemeine Experimental-Chemie I: Anorganische Chemie 5, Übungen, 20. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **Bamberger**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. — **Wegscheider**: Chemische Dynamik und theoretische Elektrochemie, 1. — **Paweck**: Elektrochemie, 2. — **Lippmann**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2. — **Suida**: Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 2. — **Feitler**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen und theoretischen Chemie, 1. — **Ulzer**: Technische Analyse organischer Stoffe, 2. — **Edler**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Allé**: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 5; Grundlehren der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 2; Wahrscheinlichkeitsrechg., 3. — **Reich**: Ausgew. Kapitel aus der höheren Algebra, 2. — **Daublebsky v. Sterneck**: Theorie der Raumkurven und Flächen, 2. — **N. N.**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktives Zeichnen, 6. — **Schell**: Elemente der niederen Geodäsie, $4^1/_2$; Praktische Geometrie, $4^1/_2$, Übungen, 5; Situationszeichnen, 4. — **Tinter**: Methode der kleinsten Quadrate, $1^1/_2$; Höhere Geodäsie I, 3, II, 3; Übungen im Beobachten und Rechnen, 3; Geodätische Rechenübungen, $2^1/_2$.

Universität Würzburg.

W. Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, 5; Praktische Übungen im physikalischen Institut, 4 und 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Tafel**: Einführung in die physikalische Chemie, 2. — **Hantzsch**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wislicenus), ganz- und halbtägig, tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 6; Organisches Vollpraktikum, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Wislicenus und Tafel), tägl. — **Medicus**: Chemische Technologie, 4; Gerichtliche Chemie, 2; Praktikum für Pharmazeuten, halbtägig; Kursus technisch-chemischer Analysen, 2 halbe Tage; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, ganz- und halbtägig. — **Wislicenus**: Analytische Chemie, 3; Ergänzende Vorträge zum Medizinerpraktikum, 1 *g*. — **Reitzenstein**: Über organische Reaktionen, 2; Die Anfänge der Alchimie, 1 *g*. — **Ley**: Anwendung der Ionentheorie auf die analytische Chemie, 2. — **Prym**: Differentialrechnung mit Einleitung in die höhere Analysis, 4, Übungen, 2 *g*; Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 4. — **Voss**: Analytische und synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 4; Analytische Mechanik II, 4, Übungen, 2 *g*. — **Selling**: Mathematische Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Höhere Arithmetik und Algebra, 4; Beschreibende Astronomie, 1 *g*.

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Theoretische Optik, 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $^1/_2$ Tag, für Vorgerückte, tägl. — **Abeljanz**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Qualitative chemische Analyse, 2; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Anfänger und Vorgerücktere, tägl., für Lehramtskandidaten, $2^1/_2$ Tage; Elektrochemische Analyse. — **Werner**: Organische Chemie, 4; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere (präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten), tägl.; Elektrochemische Übungen, 2 Nachmittage *g*; Technisch-chemisches Praktikum, Färberei und technische Analyse, 2 Nachmittage *g*; Chemisches Halbpraktikum für Mediziner und Veterinäre, halbtägl.; Chemisches Praktikum für Lehramtskandidaten, $2^1/_2$ Tage. — **Schall**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie, 1—2; Physikalisch-chemische Methoden, 1 *g*. — **Burkhardt**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4; Mechanik, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Kraft**: Analytische Mechanik, 4; Ausgleichungsrechnung, 2; Ausgewählte Kapitel der

analytischen Geometrie, 2; Das Weltsystem vom mathematisch-naturwissenschaftlichen Standpunkte, 1—2. — **Weiler**: Analytische Geometrie I mit Übungen, 4; Darstellende Geometrie I mit Übungen, 4; Mathematische Geographie, 2. — **Gubler**: Einführung in die höhere Algebra, 3; Gammafunktionen und Besselsche Funktionen, 2; Der mathematische Unterricht in der Mittelschule II. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Mechanik des Himmels, 2.

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Messmethoden der Elektrotechnik, 4; Wechselstromsysteme und Wechselstrommotoren, 2; Elektrische Schwingungen, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 oder 16; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12, 24; Übungen in Wechselstrom und an Wechselstrommotoren, 4. — **Pernet**: Physik II, 4, Repetitorium, 1, Mathematische Ergänzung, 1; Anleitung zum physikalischen Praktikum, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4 bezw. 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im physikalischen Laboratorium (für Vorgerücktere) 4, 6, 12 bezw. 24. — **Denzler**: Ausgewählte Abschnitte über angewandte Elektrotechnik, 2. — **Dina**: Berechnung elektrischer Leitungen, 1 *g*; Gleichstrommotoren, 1 *g*. — **Farny**: Wechselstromdiagramme II, 1. — **Schweitzer**: Die elektromagnetische Theorie des Lichtes, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Elektrotechnik, 1. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Schwachstromtechnik, 1 *g*; Militär-Telegraphie und -Telephonie, 1. — **Wyssling**: Bau von Dynamomaschinen und elektrischen Centralanlagen II, 4: Maschinenkonstruieren (Dynamobau), 6; Elektrische Kraftübertragung und Beleuchtung, 3, Repetitorium, 1. — **Barbieri**: Photographie I, 2; Photographisches Praktikum, 14. — **Lorenz**: Allgemeine Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerücktere, 15; Thermochemisches Praktikum (mit Constam), 1/2 Tag; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Constam), tägl. — **Constam**: Physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Bamberger**: Anorganische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere tägl. — **Bosshard**: Gärungschemie, 1. — **Gnehm**: Bleicherei, Färberei und Farbstoffe, 4, Repetitorium, 1; Anthracenfarbstoffe, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Grete**: Düngerlehre und Düngerfabrikation, 2 *g*. — **Hartwich**: Pharmakognosie, 5; Toxikologie, 2; Technische Botanik I: Fasern und Stärke, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Mikroskopische Untersuchung pharmazeutischer Drogen, 2; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere tägl.; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, tägl.; Mikroskopierübungen in der Nahrungsmittelkunde. — **Lunge**: Anorganische chemische Technologie, 4, Repetitorium, 1; Heizung, 2; Metallurgie, 2; Technisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere tägl. — **Schulze**: Anorganische Chemie, mit Repetitorium, 4; Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 2; Landwirtschaftlich-chemische Technologie (Zucker- und Spiritusfabrikation, Chemie des Molkereiwesens), 2; Übungen im agrikultur-chemischen Laboratorium, 8; Agrikultur-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Treadwell**: Analytische Chemie I, 2; Gasanalyse, mit Übungen, 1; Lebensmittelanalyse, mit Übungen, 2; Chemie, 2, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere tägl. — **Winterstein**: Chemie der Milch und Milchprodukte, 2; Untersuchung landwirtschaftlich wichtiger Produkte, 1; Chemisches Kolloquium, 1. — **A. Weber**: Mechanik und Maschinenlehre, 4, Repetitorium, 1; Maschinenlehre, 2, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 4; Industrielle Einrichtungen und Bauten, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Stodola**: Dampfmaschinenbau I: Steuerungen, Regulatoren, 4, Übungen, 2; Gasmotoren (Einleitung), 1; Dampfkessel und ausgewählte Kapitel des Dampfmaschinenbaues, 2; Maschinenkonstruieren und Entwerfen vollständiger Dampfkraftanlagen, 6; Übungen in der kalorischen Abteilung des Maschinenlaboratoriums, 1/2 Tag. — **Escher**: Mechanische Technologie II: Metallverarbeitung, 2, Repetitorium, 1; Mechanische Technologie IV (Spinnerei und Weberei, Fortsetzung), 2; Maschinenlehre, 4, Übungen, 4; Papierfabrikation, 2. — **Fliegner**: Theoretische Maschinenlehre II: Wärmetheorie und Dampfmaschinen, 4, Übungen, 3. — **Herzog**: Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Löhle**: Übungen in Eisenkonstruktionen, 3. — **Meyer**: Maschinenzeichnen, 1, Übungen, 4; Maschinenbau (Elemente), 5, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 10. — **Prášil**: Hydraulische Motoren und Pumpen II, 4, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 12, Konstruktionsübungen über Fabrikanlagen, 4; Übungen in der hydraulischen Abteilung des Maschinenlaboratoriums, 1/2 Tag. — **Zwicky**: Planzeichnen, 4; Technisches Rechnen, 1; Vermessungskunde, 3, Übungen, 2; Strassen- und Wasserbau, mit Repetitorium, 4, Konstruktionsübungen, 4; Kulturtechnik, 3, Konstruktionsübungen, 6. — **Beyel**: Geometrische Einleitung in die graphische Statik, 2; Rechenschieber mit Übungen, 1, Darstellende Geometrie, 2; Die Theorie der Kegelschnitte im Altertume, 1. — **Decher**: Vermessungskunde, 5, Repetitorium, 1, Vermessungsübungen, 2; Erdmessung, mit Repetitorium, 2, Geodätisches Praktikum, 2. — **W. Fiedler**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Konstruierende Geometrie der Lage, 2; Analytische Geometrie der Lage II, 2. — **Franel**: Calcul différentiel, 4, Répétition, 1, Exercices, 2; Théorie des équations différentielles, 4, Répétition, 1. — **Geiser**: Analytische Geometrie, 4, Repetitorium, 1; Elemente der Ballistik, 1; Mathematisches Seminar (mit Minkowski), 2. — **Hirsch**: Variationsrechnung, 2. — **Hurwitz**: Differentialrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1. — **J. Keller**: Mathematik, 4; Theorie der Centralprojektion mit Anwendung auf die praktische Perspektive, 2; Theorie der Projektivität mit Anwendung auf die Kurven II. Grades, 2; Auflösung der allgemeinen Gleichungen III. u. IV. Grades, sowie beliebiger Gleichungen durch Annäherung, 2. — **Kraft**: Analytische Mechanik, 4. — **Lacombe**: Géométrie descriptive, 4, Répétition, 1, Exercices, 4; Géométrie de position, 2. — **Minkowski**: Elliptische Funktionen, 4; Algebra, 3. — **Rebstein**: Katastervermessung, 3, Übungen, 2; Kartenprojektionen, 1. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 4. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Mechanik des Himmels, 2.

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Bakhuis Roozeboom, H. W., Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre. Erstes Heft. Die Phasenlehre. Systeme aus einer Komponente. Mit 54 eingedruckten Abbildungen. XIII u. 221 S. 1901. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 5.50.

Hann, Julius, Lehrbuch der Meteorologie. Mit mehreren Tafeln in Lichtdruck, verschiedenen Karten, sowie zahlreichen Abbildungen im Text. Vollständig in 10 Lieferungen à M. 3.—. gr. 8. Lieferung 7 u. 8 je 80 S. 1901. Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz.

Pilgrim, Ludwig, Einige Aufgaben der Wellen- und Farbenlehre des Lichts. Beilage zum Programm der Realanstalt in Cannstatt zum Schlusse des Schuljahres 1900/1901. Mit 15 Figuren und 2 Tafeln. 4. 68 S. 1901. Cannstatt. J. Mann, Buch- und Steindruckerei.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 51. 21. September 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die innere Reibung von alkoholischen Salzlösungen.

Von G. Haffner.

Fast alle Eigenschaften der Lösungen nehmen mit zunehmender Konzentration entweder stets zu oder stets ab. Eine Ausnahme macht, wie zuerst Sprung (Diss. Leipzig 1876) gefunden hat, die innere Reibung bei einigen wässerigen Salzlösungen, bei welchen dieselbe mit zunehmender Konzentration zuerst ab und dann wieder zunimmt, so dass also die Kurven, die die Abhängigkeit der inneren Reibung von der Konzentration veranschaulichen, Minima aufweisen.

Für die Abhängigkeit der inneren Reibung von der Konzentration hat Sv. Arrhenius im Jahre 1887 eine Formel aufgestellt, welche seitdem, besonders für (wässerige) Salzlösungen, wiederholt Anwendung gefunden hat. Es wurde mehrfach nachgewiesen, insbesondere, von Reyher, Moore, Wagner, Kanitz u. a., dass diese Formel für solche Lösungen ungefähr bis zu 1 ½ normaler Konzentration meist gute, bezw. genügende Übereinstimmung mit der Erfahrung liefert.

Ich untersuchte nun Lösungen einiger Salze in Alkoholwassergemischen bezüglich ihrer inneren Reibung, um 1. zu prüfen, ob sich die von Sprung bei einigen, die Elektrizität besonders gut leitenden, wässerigen Salzlösungen gefundenen Minima der inneren Reibung auch bei alkoholischen Lösungen dieser Salze finden; 2. zu prüfen, ob die Arrheniussche Formel auch für alkoholische Lösungen die Beobachtungen bis zu einer gewissen Konzentration genügend darstellt.

In einer Voruntersuchung wurde zunächst die Brauchbarkeit verschiedener Apparatformen für die Poiseuillesche Methode untersucht, indem die relative innere Reibung von Wasser mit diesen Apparaten bestimmt und die Resultate mit den genauesten bisher gefundenen Werten verglichen wurden. Dabei zeigte sich — entgegen bisherigen Anschauungen in einigen Lehrbüchern —, dass die sonst manchen Vorteil bietende Verwendung gebogener Kapillaren auch bei relativen Messungen unzulässig ist, falls eine möglichst grosse Genauigkeit gewünscht wird; ja es ergaben sich bei gebogenen Kapillaren Abweichungen bis zu mehreren Prozenten.

Was die Form des Querschnittes der Kapillarröhre anlangt, so ergab sich, dass Kapillaren mit ellipsenförmigem Querschnitt im allgemeinen dieselben Werte liefern, wie solche mit kreisförmigem Querschnitte. Endlich zeigte sich, dass bei schlecht eingeschmolzenen Kapillaren, offenbar infolge der hervorgerufenen Wirbelströmungen, erhebliche Fehler (bis zu 4 Proz.) entstehen können.

Nach Abschluss dieser Voruntersuchung wurde schliesslich ein Apparat mit gerader Kapillare von kreisförmigem Querschnitte verwendet, der teilweise dem Wiedemannschen nachgebildet war, bei welchem aber gleichzeitig das Přibram und Handlsche Prinzip des Hin- und Herfliessens derselben Flüssigkeitsmenge zur Anwendung gelangte, um ein Verdunsten möglichst auszuschliessen.

Die weitere Untersuchung wurde mit möglichster Sorgfalt bezüglich Konstanterhaltung der Temperatur während des Versuches, Fernhalten von Staubteilchen, regelmässiger Kontrolle des Apparates mit Wasser u. s. w. durchgeführt. Dieselbe hat gezeigt, dass die alkoholischen Lösungen bezüglich ihres Verhaltens nach den oben erwähnten zwei Gesichtspunkten im grossen und ganzen in zwei Gruppen zerfallen, bei deren einer die aufgeworfenen Fragen eine bejahende Antwort finden, während bei der anderen Gruppe sich gerade entgegengesetzte Verhältnisse ergeben.

Die Lösungen der I. Gruppe sind diejenigen, bei denen als Lösungsmittel Alkoholgemische mit wenig oder doch nicht sehr viel Alkohol verwandt sind; zur II. Gruppe gehören die, bei welchen als Lösungsmittel Alkoholgemische mit sehr viel Alkohol oder absoluter Alkohol gebraucht ist.

Aus beiden Gruppen seien einige Tabellen

und Kurven für die gefundenen Resultate wiedergegeben.

In den Tabellen bedeutet p den Gehalt an Salz, d. h. die Anzahl Gramm Salz in 100 ccm Lösung, t die der inneren Reibung proportionale Durchflusszeit des benutzten Flüssigkeitsvolumens in Sekunden.

Bei den Kurven sind die p als Abszissen und die t als Ordinaten aufgetragen. Tabellen und Kurven veranschaulichen also die Abhängigkeit der inneren Reibung von der Konzentration.

Zu Gruppe I:

1. Lösungen von NH_4Cl.

Lösungsmittel: Äthylalkoholwassergemisch mit 21,91 Volum Prozent Alkohol; spezifisches Gewicht 0,97415 (bei 15,56° C.). Zum Vergleich sind in folgender Tabelle auch die Werte für Wasser beigefügt.

p	t				Spez. Gewicht
	bei 15°	bei 25°	bei 35°	bei 45°	
0	704,5	497,7	370,7	288,3	0,97415
8	618,7	461,6	360,1	290,2	1,00006
16	571,15	444,9	357,7	294,8	1,0228
20	559,25	441,95	359,8		1,03245
für Wasser	346,3	272,9	223,3		1

Bei diesen Lösungen wurde die Löslichkeit zuerst durch einen Vorversuch bestimmt, dann durch Abwägen des trockenen Salzes und Auffüllen mit dem Lösungsmittel eine fast konzentrierte (20proz.) Lösung hergestellt und von dieser durch Verdünnung mit Pipetten die übrigen.

2. Lösungen von NH_4NO_3.

Lösungsmittel: Alkoholwassermischung mit 78,96 Volum Prozent Alkohol; spezifisches Gewicht bei 15,56°: 0,86682. (Diese Lösungen gehören trotz ihres höheren Alkoholgehaltes gerade noch zur I. Gruppe, nur zeigen die Kurven keine Minima mehr.)

p	t			Spezifisches Gewicht
	bei 15°	bei 25°	bei 35°	
0	795,5	588,8	449,8	0,86682
6,66	831,1	627,1	487,1	0,89703
13,33	869,9	665,7	524,8	0,92677
20	923,1	714,3	566,8	0,95604

Herstellung der Lösungen wie oben.

Aus diesen Tabellen und der Form der zugehörigen Kurven (Isothermen) sehen wir, dass sich die Lösungen der I. Gruppe in ihrem Verhalten nach den oben erwähnten Richtungen ganz an die wässerigen Lösungen (vgl. Sprung) anschliessen; ausserdem bemerken wir noch, dass die Sprungschen Minima auch hier, wie bei wässerigen Lösungen, auf eine um so geringere Konzentration fallen, je höher die Temperatur ist und dass die Kurven (Isothermen) konvergieren. —

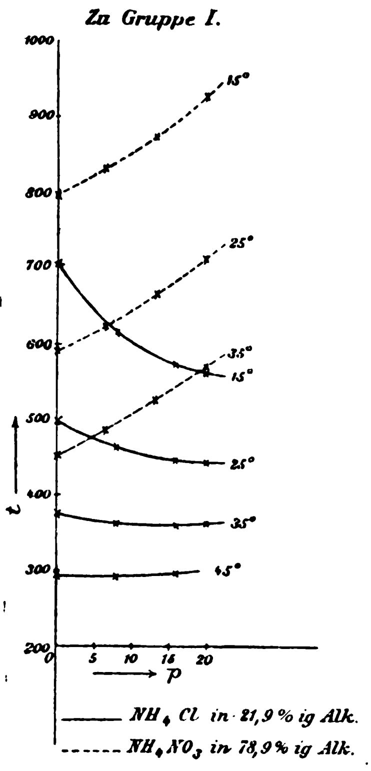


Fig. 1.

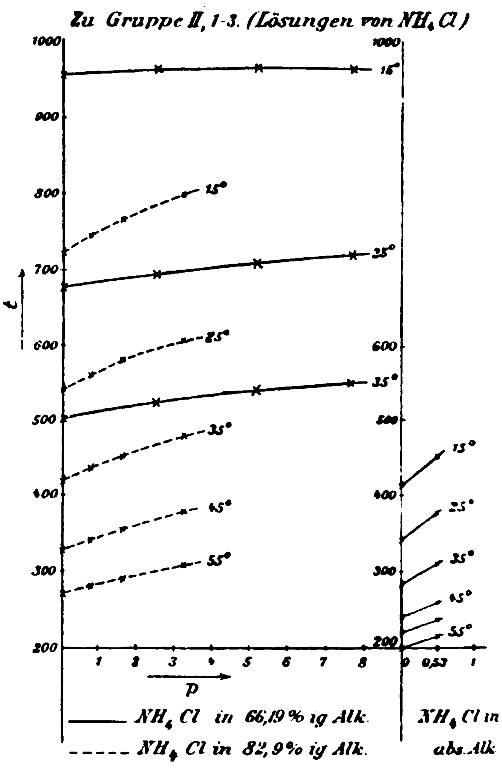


Fig. 2.

Gerade umgekehrt jedoch verhalten sich die Lösungen der II. Kategorie, also die Lösungen mit grossem Alkoholgehalte.

Bei diesen gelten, wie aus den unten mitgeteilten Tabellen nebst Kurven ersichtlich ist, folgende Regeln:

1. Ein Zusatz von Salz vergrössert in allen Fällen die innere Reibung;

2. diese Vergrösserung der inneren Reibung mit zunehmender Konzentration ist im Anfang stärker, später weniger stark; also sind die Kurven, die die Abhängigkeit der inneren Reibung von der Konzentration darstellen, nach unten konkav, woraus weiter hervorgeht, dass die Arrheniussche Formel ($\eta = A^x$; zweiter Differentialquotient $\frac{d^2\eta}{dx^2} = A^x \lg^2 A$ stets positiv), die immer nach unten konvexe Kurven darstellt, hier nicht anwendbar ist;

3. folglich kann auch kein Sprungsches Minimum stattfinden, vielmehr scheinen Maxima vorkommen zu können (s. u. Tabelle 1);

4. der die innere Reibung vergrössernde Einfluss des zugesetzten Salzes nimmt mit zunehmender Temperatur ab, wie dies auch bei den Lösungen von Nichtelektrolyten in Wasser (Arrhenius 1887) der Fall ist; die Konzentrationskurven (Isothermen) divergieren also hier.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass die Lösungen, die den Übergang von Gruppe I zu II bilden, einige Eigenschaften mit der I. und andere mit der II. Gruppe gemein haben können.

Für die II. Gruppe seien ebenfalls noch die Tabellen und Kurven einiger charakteristischer Lösungen ausgewählt und mitgeteilt:

1. Lösungen von NH_4Cl.

Lösungsmittel: 66,19 Volum proz. Alkohol; spezifisches Gewicht 0,89932.

Da diese Lösungen eben an der Grenze von Gruppe II stehen, haben sie die vierte der vorhin aufgezählten Eigenschaften der II. Gruppe noch nicht, sondern nur die ersten drei.

p	t			Spezifisches Gewicht
	bei 15°	bei 25°	bei 35°	
0	954,1	678,6	500,1	0,89932
2,5573	961,0	693,2	517,7	0,90837
5,1146	964,8	705,9	535,9	0,91723
7,6720	962,0	714,9	548,2	0,92556

Die konzentrierteste Lösung ist eine bei ca. 10° gesättigte Lösung, deren Konzentration durch chemische Analyse nachträglich bestimmt wurde; von ihr wurden die übrigen durch Verdünnung mit Pipetten hergestellt.

Besondere Beachtung verdient hier das — allerdings wenig ausgesprochene — Maximum bei 15° bei der Konzentration 5.

2. Lösungen von NH_4Cl in 82,92 Volum proz. Alkohol; spezifisches Gewicht 0,85572.

p	t					Spez. Gewicht
	bei 15°	bei 25°	bei 35°	bei 45°	bei 55°	
0	718,0	541,8	418,5	330,8	267,8	0,85572
0,7953	744,2	562,1	434,1	345,0	278	0,8568
1,5906	763,6	578,6	448,9	356,4	288,1	0,85962
3,1812	796,9	605,9	472,4	377,1	305,8	0,8663

Herstellung der Lösungen wie vorhin.

3. Lösungen von NH_4Cl in (nahezu) absol. Alkohol.

Lösungsmittel: 99,37 proz. Alkohol; spezifisches Gewicht 0,7970.

p	t					
	15°	25°	35°	45°	50°	55°
0	412,7	340,8	283,0	237,4	218,6	201,5
0,538	452,2	370,3	305,9	256,9	235,6	217,6

Herstellung der Lösungen wie oben. Veränderung des spezifischen Gewichtes unmerklich. Wegen der geringen Löslichkeit ist hier nur die Erhöhung der inneren Reibung durch Salzzusatz und die Divergenz der Kurven, nicht aber die Krümmung derselben nachweisbar. Bei den nächstfolgenden Lösungen in absol. Alkohol kommt indes auch die letztere zum Vorscheine.

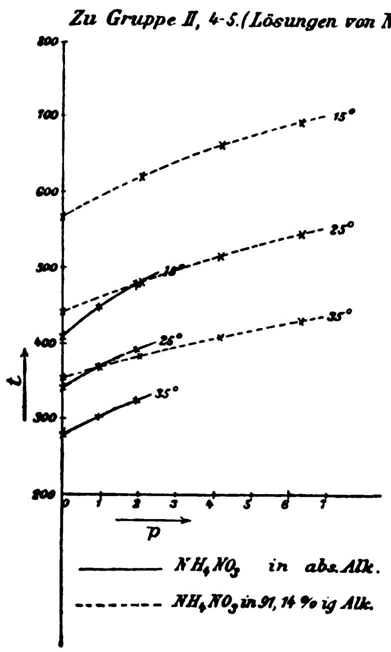


Fig. 3.

4. Lösungen von NH_4NO_3 in Alkohol von 99,968 Volumprozentgehalt und dem spezifischen Gewicht 0,79407.

p	t bei 15°	bei 25°	bei 35°	Spezifisches Gewicht
0	409,3	337,8	281,6	0,79407
1	450,5	370,1	306,1	0,79932
2	480,8	394,2	326,0	0,80225

Herstellung der Lösungen wie bei I, 1 und 2.

5. Lösungen von NH_4NO_3.

Lösungsmittel: 91,14 Volum proz. Alkohol vom spezifischen Gewicht 0,83018.

p	t bei 15°	bei 25°	bei 35°	Spezifisches Gewicht
0	567,7	443,4	355,5	0,83018
2,1001	618,8	484,0	386,0	0,83870
4,2002	659,6	516,7	412,9	0,84792
6,3003	695,6	547,0	435,4	0,85827

Herstellung der Lösungen wie bei I, 1 und 2.

In einer ausführlichen Mitteilung sollen die Resultate an weiteren Lösungen nebst einer eingehenden Diskussion mitgeteilt werden.

Die Untersuchung wurde im physikalischen Institut der Universität Erlangen ausgeführt.

(Eingegangen 31. August 1901.)

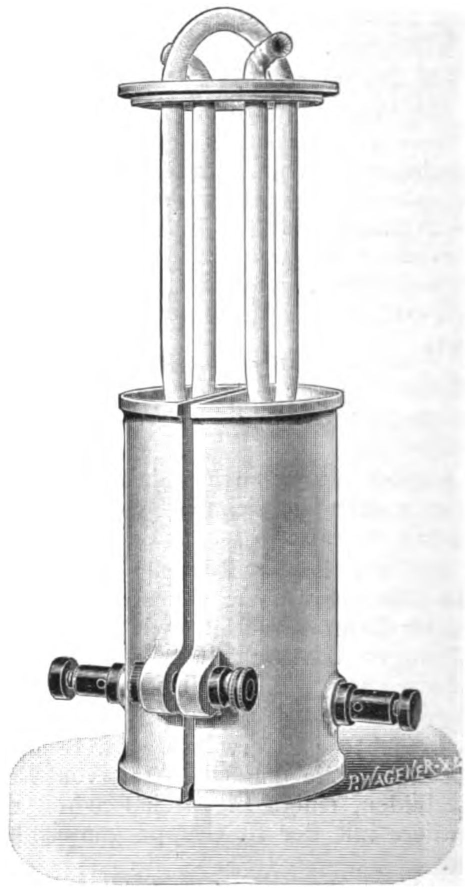
Plättchen-Unterbrecher für Wechselstrom.

Von Ernst Ruhmer, Berlin.

Vor einiger Zeit beschrieb ich eine neue Konstruktion des Simonschen Flüssigkeitsunterbrechers mit auswechselbarem Unterbrechungsplättchen, die manche Vorzüge vor den bisherigen Ausführungsformen besitzt.[1])

Die Figur zeigt die neue Form des Unterbrechers. Die Elektroden sind nicht mehr am Deckel des Gefässes befestigt, sondern seitlich eingeführt, so dass dieselben vollständig unter dem Säureniveau liegen und Gleitfunken, welche zu Explosionen führen könnten, völlig ausgeschlossen sind. Neuerdings habe ich versucht, den Unterbrecher auch für Wechselstrom zu verwenden.

Bekanntlich unterbricht der Simonsche Lochunterbrecher bei Wechselstrom in jeder Phase desselben und ist daher für Röntgenzwecke, wo es auf einen mehr oder weniger stark ausgeprägten intermittierenden Gleichstrom an den sekundären Polklemmen des Induktors ankommt, ungeeignet. Durch Ersatz der einen Bleielektrode durch eine Aluminiumelektrode ist es mir gelungen, unter Benutzung eines passenden Elektrolyten, den Unterbrecher gleichzeitig als Gleichrichtzelle auszubilden, um ihn auch für Röntgenzwecke bei Wechselstrombetrieb geeignet zu machen.



Bei angestellten Versuchen gab ein von Herrn Dr. Max Levy, Berlin, zu diesem Zweck freundlichst zur Verfügung gestellter 30 cm-Funkeninduktor mit einer diesem Versuche angepassten primären Spule bei einer Wechselstrom-Netzspannung von 220 Volt seine volle Schlagweite. Der Stromverbrauch belief sich dabei auf ca. $2\frac{1}{2}$—3 Ampère.

Eine eingeschaltete Röntgenröhre arbeitete befriedigend und liess eine scharfe Trennung ihrer beiden Hälften erkennen, der beste Beweis, dass der Unterbrecher nur in einer Phase des Wechselstromes unterbricht.

Die Lebensdauer einer Aluminiumelektrode beträgt etwa 500 Betriebsstunden, und sind die Ersatzkosten gegenüber dem Platinverbrauch eines Wehnelt-Unterbrechers bei Wechselstrom verschwindend gering.

Ich hoffe demnächst über einige weitere Verbesserungen berichten zu können.

Berlin, Privat-Laboratorium 16. Sept. 1901.

(Eingegangen 17. September 1901.)

1) Vgl. diese Zeitschrift 2, 445, 1901.

REFERATE.

Elektrotechnik.
Besorgt von Professor Dr. **Th. Des Coudres.**

Der Rowlandsche Typendruck-Telegraph.

Der vor kurzem verstorbene amerikanische Physiker Henry A. Rowland in Baltimore hat einen Typendruck-Telegraphen konstruiert, der bereits auf der Pariser Weltausstellung im vorigen Jahr grosses Aufsehen erregte.

Die Reichstelegraphen-Verwaltung hat in neuester Zeit eine Leitung zwischen Berlin und Hamburg für Versuche mit achtfacher Schnelltelegraphie nach diesem System zur Verfügung gestellt und wollen wir im folgenden nach dem Journal Télégraphique, Bern, etwas näher auf das Prinzip des Apparates und interessante Konstruktionseinzelheiten eingehen.

Rowland benutzt bei seinem Apparat Wechselströme und zwar wird durch den auf der Sendestation vermittelst einer kleinen Wechselstromdynamo erzeugten Wechselstrom auf der Empfangsstation mittelst polarisierten Relais ein Wechselstrommotor in synchrone Umdrehung versetzt.

Die Zeichenübermittelung geschieht nun dadurch, dass bei jedem Zeichen ein oder mehrere halbe Wellenlängen des Wechselstromes unterdrückt werden.

Hierdurch wird die Zunge des Empfangs-Relais entsprechend beeinflusst, welche ihrerseits wieder den Ortsstromkreis anderer Elektromagneten zur Bethätigung der Druckvorrichtung schliesst.

Fig. 1 stellt die Sinuslinie des Wechselstromes, Fig. 2 die Linie bei Unterdrückung der 3. und 6. halben Wellenlänge dar.

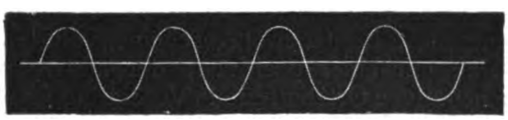


Fig. 1.

Da der Synchronismus der Gebe- und Empfangsapparate durch den Wechselstrom selbst aufrecht erhalten wird, so darf die Unterdrückung von halben Wellenlängen desselben ein gewisses Mass nicht überschreiten.

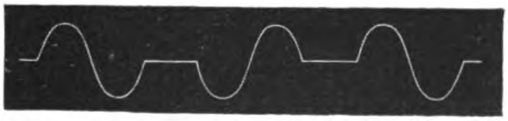


Fig. 2.

Der Erfinder benutzt daher für jedes Zeichen elf halbe Wellenlängen, von denen zur Zeichengabe zwei nicht aufeinanderfolgende unterdrückt werden.

Auf diese Weise lassen sich 45 verschiedene Kombinationen herstellen, was für praktische Zwecke völlig ausreicht. Rowland verwertet nur 42 Kombinationen, von denen drei zur Papierbewegung dienen.

Der Rowlandsche Apparat druckt nämlich das Telegramm nicht auf einen endlosen Streifen, wie der Hughes- oder Baudot-Apparat, sondern zeilenweise abgesetzt.

Eine Kombination dient zum Spatiieren der einzelnen Buchstaben, eine zweite zur Rückwärtsbewegung beim Beginn einer neuen Zeile und eine dritte für das Zeilenspatiieren.

Der Geber.

Der Geber besteht aus einer Klaviatur wie bei einer Schreibmaschine. In 4 Parallel-Reihen befinden sich je 10 Tasten, darunter die lange Spatiiertaste.

Bei dem Druck einer Taste *L* werden vermittelst verschiedenartig gestalteter Ausschnitte *d* aus einer Gruppe von 11 zweimal rechtwinklig gebogenen um eine Achse drehbaren Metallfedern *L'* zwei nicht benachbarte Federn gehoben (vgl. Fig. 3 u. 4).

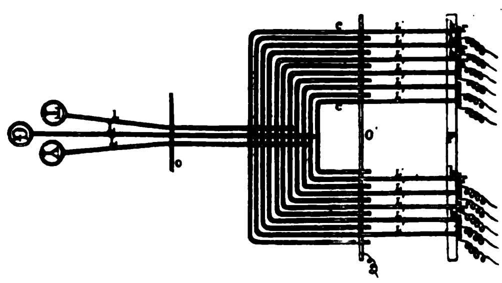


Fig. 3.

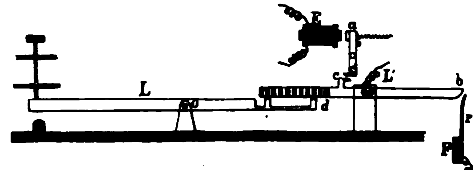


Fig. 4.

Die Verlängerungen *b* derselben berühren dann die Kontaktfedern *r*, welche an der Leiste *F* aus isolierendem Material befestigt sind.

Hierdurch wird über einen Kontakt des Verteilers durch einen Lokalstrom ein Elektro-

magnet bethätigt, der während einer sehr kurzen Zeit den Linien-Wechselstrom unterbricht.

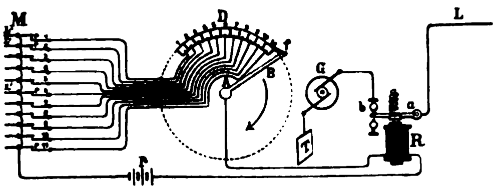


Fig. 5.

In Fig. 5 ist *M* der Geber, *D* der Verteiler mit dem Verteiler-Arm *B*, *R* ein Relais und *P* die Lokalbatterie.

Sobald eine Taste des Gebers gedrückt ist, wird bei Rotation des Verteiler-Armes *B* der Ortsstromkreis geschlossen, der Anker des Relais während des Passierens der Verteiler-Bürste angezogen und dadurch der Wechselstrom der Wechselstromdynamo *G* auf der Linie *L* unterbrochen. Die Achse *A* des Verteilers ist mit der Wechselstromdynamo derart gekuppelt, dass das Passieren der Bürsten über die aufeinanderfolgenden Kontakte des Verteilers genau der Aufeinanderfolge der von dem Alternator erzeugten positiven und negativen Stromimpulse entspricht.

Je nach der Aussparung *d* der Tasten *L* (in Fig. 4) wird also beim Drücken derselben eine positive oder negative Stromwelle ausgeschieden.

Damit nun die Tasten rechtzeitig gedrückt werden und auch gedrückt bleiben, bis die Verteilerbürste den zu dem betreffenden Apparat-Satz gehörigen Sektor passiert hat, ist über den Hebeln *L'* (Fig. 4) ein Elektromagnet *E* angebracht, dessen Anker *a* eine Transversalschiene *c'* trägt, welche über alle Federn hinweg reicht.

Letztere tragen einen kleinen Ansatzhaken *c*, der verhindert, dass die Tasten gedrückt werden können, solange das Relais in Ruhe ist.

Während jeder Umdrehung des Verteilers wird der Strom einer Lokalbatterie durch die Umwindungen dieses Elektromagneten *E* gesandt, welcher das Relais bethätigt und dadurch den Tastendruck ermöglicht.

Sobald der erwähnte sehr kurze Lokalstrom unterbrochen wird, geht der Anker *a* in die Ruhelage zurück, und die Transversal-Schiene greift unter die hakenförmigen Fortsätze *c* der Hebel *L'*. Letztere bleiben daher so lange gedrückt, bis der Verteilerarm eine volle Umdrehung zurückgelegt hat.

Diese einfache und sehr sinnreiche Festhalte-Vorrichtung funktioniert sehr gut. Sie dient gleichzeitig dazu, den Rhythmus zur Zeichengabe zu geben.

Damit der Beamte im richtigen Zeitmoment die Taste zur Zeilenverschiebung und Zeilenspatiierung bethätigt, ist eine zwölfte Feder bei dem Gebeapparate vorhanden, welche sich bei jedem Tastendruck mitbewegt und jedesmal den Stromkreis einer Lokalbatterie durch einen Elektromagneten schickt. Der Anker des letzteren bethätigt mittels Sperrklinke einen kleinen Zählapparat, der jederzeit die Stellung des Typenrades in Bezug auf das Papier erkennen lässt. Eine kleine Glocke giebt, ähnlich wie bei den Schreibmaschinen, das Zeichen, wenn eine neue Zeile begonnen werden muss.

Der Empfänger.

Auf der Empfangsstation durchfliesst der Linienstrom die Umwindungen des polarisierten Relais R^1 (vgl. Fig. 6).

Dieses Relais weist insofern eine eigenartige Konstruktion auf, als es zwei voneinander unabhängige Anker besitzt, von denen der eine zum Zeichenempfang, der andere zur

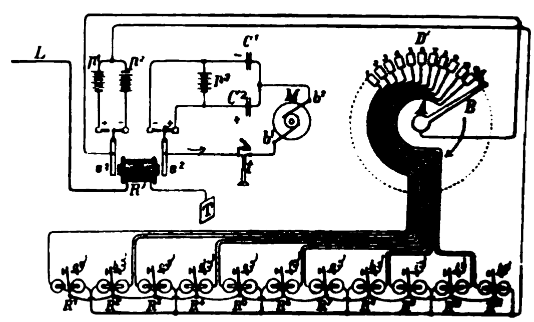


Fig. 6.

Aufrechterhaltung des Synchronismus zwischen den Bürsten der Verteiler auf der Gebe- und Empfangsstation dient.

Der Anker s^1, der mit dem Verteilerarm *B* verbunden ist, besitzt zwei Anschläge, von denen der eine mit einer positiven, der andere mit einer negativen Ortsbatterie in Verbindung steht.

Der Verteiler D^1 ist analog dem der Gebestation, nur dass die auf dem Umfange angebrachten Kontakte etwas kürzer und daher weiter voneinander entfernt sind. Die elf Kontaktsegmente eines jeden Apparatsatzes sind beziehungsweise mit den Umwindungen elf polarisierter Relais R^1, R^2 . . . R^{11} verbunden, welche den Kombinator bilden.

Der Strom der Lokalbatterie p^1, resp. p^2 fliesst, wie aus der Fig. 6 ersichtlich, durch die Verteiler-Bürste und Verteiler-Kontakte zu den Wicklungen der Kombinator-Relais und kehrt durch eine gemeinsame Rückleitung zurück.

Unter dem Einfluss des Linien-Wechselstromes oszillieren die Anker s^1 und s^2 beständig

hin und her. Da die Verteiler-Scheibe D^1 um die Achse A ein wenig gedreht werden kann, so lässt sich erstere so einstellen, dass beim Passieren der Verteiler-Bürste über die Kontakte des Verteilers der Anker s^1 des Relais R^1, entsprechend den eintreffenden Stromwellen, sich gerade gegen den einen oder anderen Anschlag legt. Wie man hieraus ersieht, werden die aufeinanderfolgenden Kombinator-Relais R^1, R^2 . . . R^{11} abwechselnd von Strömen verschiedener Polarität durchflossen, d. h. während beispielsweise die Relais R^1, R^3, R^5 . . . von positiven Strömen durchflossen werden, werden die Relais R^2, R^4, R^6 . . . von negativen Strömen durchflossen. Damit nun diese entgegengesetzten Ströme auf die Anker der Relais die gleiche Wirkung ausüben, werden die gleichgewickelten Windungen zweier aufeinander folgender Relais in entsprechender Weise in den Stromkreis eingeschaltet (s. Fig. 6), indem der Strom einmal über den Anfang, einmal über das Ende der Elektromagnet-Windungen geführt wird.

Ausserdem sind die Kombinator-Relais derart reguliert, dass die Anker in der jeweiligen Stellung verharren. Wird also kein Zeichen übermittelt und die Leitung regelmässig vom Wechselstrom durchflossen, so oszilliert der Anker s^1 des Linien-Relais R^1 beständig zwischen den Anschlägen der beiden Ortsbatterien und die Anker der Kombinator-Relais bleiben an dem stromlosen, linken Ruhekontakt liegen.

Sobald aber durch Unterbrechung zweier nicht aufeinanderfolgender halben Wellenlängen des Wechselstromes ein Zeichen übermittelt wird, bleibt der Anker s^1 des Linien-Relais in den entsprechenden Momenten in Ruhe, anstatt den Kontakt mit dem gegenüberliegenden Anschlag herzustellen.

Dadurch fliesst durch das in demselben Augenblick bethätigte Kombinator-Relais ein derart gerichteter Strom, dass der Anker sich an den zugehörigen rechten Kontakt, den Arbeitskontakt, legt.

Die auf diese Weise an den Arbeitskontakt gelegten Anker der Kombinator-Relais behalten ihre Stellung bis zum nächsten Umlauf der Verteilerbürste bei und werden, falls nicht wieder die entsprechende Welle des Linien-Wechselstromes fehlt, durch den Ortsstrom in ihre Ruhelage zurückgebracht.

Die Unterdrückung jeder Welle des Wechselstromes auf der Sendestation macht sich also geltend durch eine Umlegung des Ankers des entsprechenden Kombinator-Relais der Empfangsstation, so dass bei jedem übermittelten Zeichen die Anker zweier nicht aufeinanderfolgenden Kombinator-Relais während einer vollen Umdrehung des Verteiler-Armes an dem Arbeitskontakt anliegen.

Der Synchronismus.

Wenden wir uns nun der sehr sinnreichen Vorrichtung zu, die den synchronen Gang der Gebe- und Empfangsapparate aufrecht erhält. Der Verteilerarm B (vgl. Fig. 6) wird durch einen kleinen Gleichstrom-Elektromotor in Umdrehung versetzt. Auf der Achse desselben ist die eigentliche Vorrichtung zur Wahrung des Synchronismus angebracht. Dieselbe besteht aus einer Anzahl von Spulen, die in einem Magnetfeld rotieren und die also gewissermassen einen Wechselstromsynchronmotor bilden, der durch die abwechselnd positiven und negativen Stromstösse, die der Anker s^2 des polarisierten Relais R^1 auslöst, bethätigt wird.

Wie aus Fig. 6 näher ersichtlich, sind der positive resp. negative Pol einer Lokalbatterie einerseits mit den beiden Anschlagkontakten des Ankers s^2, andererseits mit der einen Belegung der Kondensatoren C^1 resp. C^2 verbunden. Der Wechselstrommotor M steht einerseits mit dem Anker s^2, andererseits mit den beiden anderen parallel gehaltenen Belegungen der Kondensatoren in Verbindung.

Oszilliert der Anker s^2, so ladet sich bei jeder Stellung desselben der eine Kondensator, während sich der andere entladet. Die beiden hieraus resultierenden, den Motor durchfliessenden Ströme haben gleiche Richtung und verstärken sich gegenseitig. Während jeder Oszillation entstehen so zwei entgegengesetzt gerichtete Stromstösse. Da die Aufeinanderfolge der positiven und negativen Stromstösse durch die das Linienrelais R^1 durchfliessenden Linien-Wechselströme geregelt wird, so befindet sich der Motor M stets in Phase mit der Wechselstromdynamo G der Sendestation.

Die Unterdrückung von Wellen bei der Zeichengebung stört den Synchronismus nicht, da sie einfach eine Unterdrückung des entsprechenden Stromstosses im Motorstromkreis auf der Empfangsstation zur Folge hat, ohne entgegengesetzt gerichtete Stromstösse hervorzubringen. Der Motor M dient also nur zur Aufrechterhaltung des Synchronismus, während die eigentliche Rotation der Spulen des Synchronmotors und des Verteilerarmes B vom Gleichstrommotor bewirkt wird. Der Speisegleichstrom des letzteren kann mittels variablen Widerstandes in weiten Grenzen variiert werden, um die notwendige Rotationsgeschwindigkeit erzielen zu können. Ist die richtige Geschwindigkeit erreicht, so giebt das in dem Wechselstrommotor-Stromkreis eingeschaltete Telephon t einen reinen Ton von konstanter Höhe; falls die Phasen der Sende- und Empfangsstation noch nicht übereinstimmen, so hört man in dem Telephon eine Reihe von Knacken, die um so rascher aufein-

anderfolgen, je grösser die Geschwindigkeitsdifferenz ist.

Mittels dieser wirksamen Vorrichtung wird der Synchronismus der beiden Verteilerarme des Gebers und Empfängers in überraschender Weise aufrecht erhalten.

Der Übersetzer.

Die Übersetzung des durch die Arbeitsstellung zweier nicht aufeinanderfolgender Anker der elf Kombinator-Relais übertragenen Zeichens geschieht mittels des im folgenden beschriebenen Kombinators.

Derselbe besteht aus drei Reihen Metallkontakten, die auf dem Umkreis einer isolierenden Scheibe eingelassen sind. Jedem dieser drei Metallringe entspricht eine mit gleicher Geschwindigkeit wie der Verteilerarm rotierende Metallbürste.

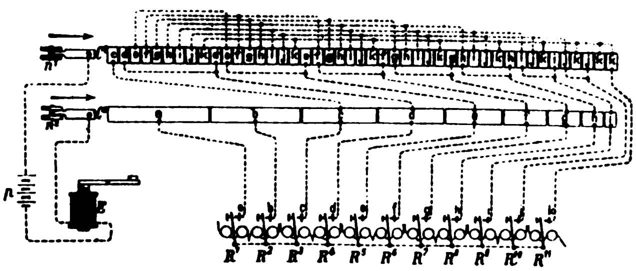


Fig. 7.

Aus Fig. 7, in der zwei Metallringe C^1 und C^2 und die entsprechenden Bürsten n^1 und n^2 ausgebreitet gezeichnet sind, gehen die Verbindungen der Kontakte untereinander sowie mit den Arbeitskontakten der Kombinator-Relais deutlich hervor. Alle gleichnamigen Kontakte sind untereinander und mit dem Kontakt des entsprechenden Kombinator-Relais verbunden.

Der Lokalstromkreis p wird über den Elektromagneten E und die beiden Bürsten n^1 und n^2 des Kombinators jedesmal und nur dann geschlossen, wenn die Anker zweier nicht aufeinanderfolgender Kombinator-Relais am Arbeitskontakt anliegen und die Bürsten n^1 und n^2 gleichzeitig die mit diesen Relais verbundenen Kontakte passieren.

Der Lokalstromkreis wird also z. B. beim Passieren der Bürste n^1 über einen der ersten neun Kontakte von C^1 geschlossen, wenn der Anker des ersten Kombinator-Relais mit einem der neun folgenden Anker $c \ldots k$, unter Ausschluss von b am Arbeitskontakt anliegt.

Ebenso wird der Stromkreis über einen der acht folgenden Kontakte geschlossen, falls der Anker des zweiten Kombinator-Relais b gleichzeitig mit einem der acht folgenden, $d \ldots k$, c ausgenommen, am Arbeitskontakt anliegt.

Durch die Stellung der Kombinator-Relais-Anker wird also der Lokalstromkreis geschlossen und der Elektromagnet E bethätigt, wenn die Bürsten einen der 45 Kontakte des Kombinators berühren.

Der Elektromagnet bewirkt den Druck des Buchstabens, der Ziffer resp. Interpunktion, welche der entsprechenden Stellung der beiden Anker der elf Kombinator-Relais entspricht.

Zu diesem Zweck ist auf der Achse, um die die Kombinatorbürsten rotieren, ein Typenrad angebracht, welches das betreffende Zeichen auf einem Papierband zum Abdruck bringt.

Nach dem Druck eines Zeichens wird der Papierstreifen automatisch um eine Zeichenbreite weiter bewegt. (Schluss folgt.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Classen, J., Untersuchungen über den durch Luxferprismenfenster zu erreichenden Helligkeitsgewinn nach im physikalischen Staatslaboratorium zu Hamburg ausgeführten Beobachtungen. Mit 4 Figuren, 3 Tabellen und 2 Curventafeln. 8. 15 S. 1901. Hamburg, Verlagsanstalt und Druckerei A.-G. (vorm. J. F. Richter.) M. 1.50.

Jahrbuch für Photographie und Reproductionstechnik für das Jahr 1901. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner herausgegeben von Josef Maria Eder. Fünfzehnter Jahrgang. Mit 350 Abbildungen im Texte und 36 Kunstbeilagen. kl. 8. X u. 807 S. 1901. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 8.—.

Personalien.

In seinem Geburtsort Treffen in Krain starb am 6. September der Professor für Physik an der Universität Innsbruck, Dr. Klemenčič, im Alter von 48 Jahren. An der Innsbrucker Universität lehrte er seit 1895.

Der Dozent für Physik beim Physikalischen Verein in Frankfurt a./M., Dr. Hermann Th. Simon, ist als ausserordentlicher Professor für Physik und Elektrotechnik an die Universität Göttingen berufen.

Der bisherige Ingenieur Dr. Ludwig Prandtl in Nürnberg ist zum etatsmässigen Professor an der Technischen Hochschule in Hannover ernannt worden.

Professor Dr. Max Wolf, Direktor der astrophysikalischen Abteilung der Grossh. Bad. Landessternwarte Heidelberg, hat einen Ruf als Direktor der Kgl. Sternwarte zu Göttingen erhalten.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 52. 28. September 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Ein Aluminiumstromrichter für Wechselstrom und seine Anwendung.

Von W. Mitkiewicz.

1. Auf Grund seiner Beobachtungen ist der Verfasser zu dem Schlusse gelangt, dass, während sich ein Aluminiumstromrichter in Thätigkeit befindet, die Oberfläche seiner Aluminiumelektrode grösstenteils von der leitenden Flüssigkeit durch eine isolierende Schicht von Aluminiumoxyd oder einer andern durch die Elektrolyse gebildeten Aluminiumverbindung getrennt ist. Der Stromdurchgang ist nur durch den Umstand ermöglicht, dass in jener isolierenden Schicht zahlreiche Lücken vorhanden sind, wodurch es auch kommt, dass der Wechselstrom in Gleichstrom verwandelt wird, da nämlich der Strom von diesen Lücken nur in einer Richtung hindurchgelassen wird. Für eine derartige Auffassung spricht unter anderem folgende Beobachtung, welche man an der wirksamen Elektrode im Dunkeln machen kann: sie erscheint wie übersäet von einer grossen Zahl vereinzelter Lichtpunkte, welche zeitweilig aufblitzen oder auch im Verlaufe einer gewissen Zeit beständig bleiben. Auch der bläuliche Lichtschimmer, auf dessen Grunde die einzelnen leuchtenden Punkte erscheinen, stellt sich nur für das unbewaffnete Auge als ein Ganzes dar, zerfällt aber bei mikroskopischer Betrachtung, wie dies Herr Kuteinikow gezeigt hat, in einzelne leuchtende Centren.

Da an diesen Centren offenbar grosse Stromdichte herrscht, so hat man anzunehmen, dass das Leuchten der Aluminiumelektrode wesentlich dem sog. elektrolytischen Leuchten ähnelt, und dass man es hier mit denselben, nur etwas komplizierteren Erscheinungen zu thun hat, wie beim Wehneltschen Unterbrecher. Man hat nämlich an der Aluminiumelektrode gewissermassen eine unzählige Menge kleiner parallel geschalteter Wehneltscher Unterbrecher vor sich. Jeder derartige Unterbrecher aber kann für sich die Rolle eines Stromrichters spielen, denn schaltet man einen Wehneltschen Unterbrecher in einen Wechselstromkreis ein, so wird dadurch die Symmetrie des Stromes gestört, indem ungleiche Elektrizitätsmengen in beiden Richtungen transportiert werden. Mit Hilfe einer Braunschen Röhre hat der Verf. die Wirkungsweise von Wehneltschen Unterbrechern studiert, wobei als Elektrolyt Lösungen von Schwefelsäure und doppeltkohlensaurer Soda dienten, die kleine Elektrode aus *Pt*, *Fe*, *Cu* und Kohle bestand. In allen Fällen trat bei genügender Stromdichte dieselbe Erscheinung auf wie beim Aluminiumstromrichter: es wurde diejenige Stromrichtung unterdrückt, bei welcher die Elektrode mit grosser Stromdichte als Anode diente.

Nach Ansicht des Verfassers hat man die Ursache dafür, dass eine Umwandlung des Wechselstroms in Gleichstrom durch den Wehneltschen Unterbrecher bewirkt wird, in den Lichterscheinungen selbst zu suchen, welche bei jener Umwandlung auftreten. Um diese Erscheinungen zu eliminieren, kann man die aktive Elektrode allmählich bis über die Flüssigkeitsoberfläche hinausheben und auf diese Weise ohne jegliche Unterbrechung vom elektrolytischen Leuchten zu einem Voltabogen übergehen, der sich zwischen der festen Elektrode und der Flüssigkeitsoberfläche ausbildet. Man hat hiernach zuzugeben, dass diese beiden Erscheinungen ihrem Wesen nach identisch sind. Der Lichtbogen zwischen Flüssigkeit und festem Leiter hält in ähnlicher Weise wie der Aluminiumstromrichter eine der Richtungen des Wechselstroms zurück. Die gleiche Eigenschaft besitzt im allgemeinen der Lichtbogen zwischen zwei beliebigen, ungleichartigen Elektroden (cf. Lang[1]), Sahulka[2]), Blondel[3]); dieselbe Erscheinung trifft man auch in anderen Fällen an, wo ein

1) Lang, Wied. Ann. **63**, (13), 191, 1897.
2) Sahulka, Sitzungsber. d. W. A. **103**, 925, 1894.
3) Blondel, C. R. **126**, 727, 1899.

Wechselstrom in ein Gas durch verschiedene Elektroden hineingeleitet wird.

Somit stehen die Erscheinungen, welche man in einem Aluminiumstromrichter beobachtet, nicht vereinzelt da, sondern müssen einer ganzen Reihe anderer, analoger Erscheinungen zugezählt werden.

2. Da beim Aluminiumstromrichter nicht die ganze Elektrodenoberfläche an der Arbeit teilnimmt, sondern nur einzelne Punkte derselben, so braucht man auch keine Aluminiumelektrode von grosser Oberfläche zu wählen. Sehr gute Resultate erzielt man bei Wahl eines Aluminiumdrahts von 2 bis 5 Millimeter Durchmesser; hierbei wird dem Drahte eine solche Länge gegeben, dass auf jeden Centimeter der Drahtlänge je ein Ampère, nach einem Westonschen Ampèremeter gemessen, kommt. Die Anwendung einer *Al*-Elektrode von kleiner Oberfläche ist auch noch in dem Sinne vorteilhaft, dass der Stromrichter in diesem Falle sehr regelmässig arbeitet und keiner Aufsicht bedarf, die *Al*-Elektrode aber bleibt so lange in Wirksamkeit, bis sie sich völlig aufgebraucht hat. Man hat nur dafür zu sorgen, dass die Oberfläche der *Al*-Elektrode, wenn sie zum ersten Male in die Flüssigkeit getaucht wird, metallisch rein ist. Man erreicht dies am leichtesten, indem man den Draht mit einem Messer abschabt. Die isolierende Hülle über der Elektrode bildet sich gleich nachdem man den Wechselstrom hindurchgeschickt hat. Damit der Stromrichter regelmässig funktioniert, ist noch eine Bedingung zu erfüllen. Die Temperatur der leitenden Flüssigkeit darf nicht über eine gewisse Grenze, etwa 60° C., hinausgehen.

Als Elektrolyt verwendet man am vorteilhaftesten eine Lösung von doppeltkohlensaurer Soda, deren Konzentration 7—8 % beträgt. Benutzt man eine solche Lösung, so sinkt der Verbrauch an Aluminium auf ein Minimum herab und es genügt ein Stromrichter für einen Wechselstrom von 110 Volt.

Der vom Verfasser unter Mitwirkung von Fr. W. Kascherininowa konstruierte Stromrichter ist in Fig. 1 abgebildet. *A* ist ein Glasgefäss von etwa 5 Liter Inhalt, *B* ein Deckel aus Eichenholz, an welchem mittels *L* die Kühlschlange *D* befestigt ist, die aus einem Bleirohr besteht. *E E* ist ein Bleicylinder, welcher mit der Klemmschraube *M* in Verbindung steht und eine der Elektroden darstellt. *H* ist ein durchbohrter Stopfen, welcher die Glasröhre *C* hält. Durch letztere führt der Aluminiumdraht *Al* hindurch. Das Ende *G* dieses Drahtes befindet sich gerade in der Mitte des Cylinders *E E*. Das Ende der Glasröhre *C* trägt einen kurzen Gummiüberzug *F*, welcher den Aluminiumdraht fest umschliesst. *N* ist eine Klemmschraube, durch welche die Drahtelektrode in den Strom eingeschaltet werden kann. *PQ* deutet die Höhe der Flüssigkeit im Apparat an. Die Länge der Kühlschlange beträgt etwa 20 cm, ihr Durchmesser etwa 5 cm. Die Oberfläche der Bleielektrode *EE* ist gleich 120 qcm.

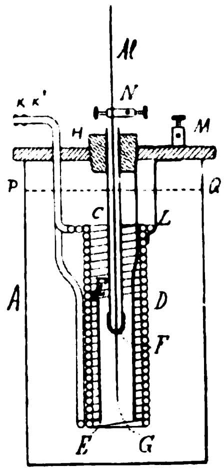


Fig. 1.

In einigen Fällen werden innerhalb des Bleicylinders *EE* anstatt einer Elektrode deren zwei oder drei untergebracht. Hierbei müssen diese Elektroden voneinander gut isoliert sein. In welchen Fällen man solche zusammengesetzte Stromrichter braucht, soll weiter unten gesagt werden.

Um die Stromstärke zu messen, ist es von Vorteil, zwei Ampèremeter einzuschalten, von denen das erstere die mittlere Stromstärke während einer vollen Periode, das andere die wirksame Stromstärke ergiebt. Das Verhältnis dieser Stromstärken zu einander kann ein Mass dafür abgeben, bis zu welchem Grade eine Umwandlung des Wechselstroms stattgefunden hat. Ist der Strom ein symmetrischer Wechselstrom, so ist jenes Verhältnis gleich ∞, ist er ein vollkommener Gleichstrom, gleich Eins. Ist der Strom indes ein kommutierter Wechselstrom, so ist jenes Verhältnis grösser als Eins und der Eins um so näher, je vollständiger die Umwandlung in Gleichstrom ist.

Arbeitet man mit einem einfachen Aluminiumstromrichter und haben die Stromkurven die Gestalt der Fig. 2, so beträgt das Verhältnis der wirksamen Stromstärke zur mittleren angenähert 1,7. Man hat es in diesem Falle mit

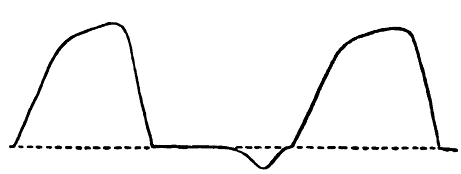


Fig. 2.

einem pulsierenden Gleichstrom zu thun. Um die Pulsationen möglichst wenig merklich zu machen, ist es von Vorteil, eine Akkumulatorenbatterie von sehr geringer Kapazität zu benutzen. Mittels Aluminiumstromrichter von einem Wechselstrom gespeist, ist diese Batterie dann im stande, einen fast vollkommen konstanten Strom in einem Leitungskreise mit vorteilhaftem Widerstande zu unterhalten.

Ist es erwünscht, beide Richtungen des Wechselstroms auszunutzen, so kann man die bekannte Grätzsche Anordnung wählen, bei welcher im Minimum vier Stromrichter erforderlich sind.

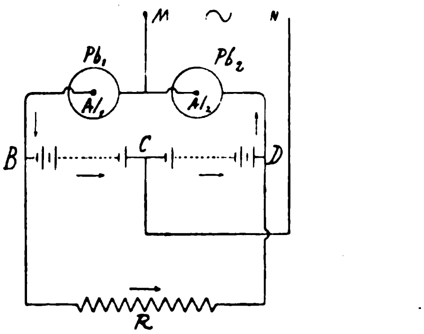


Fig. 3.

In Fig. 3 ist eine Anordnung dargestellt, bei welcher beide Richtungen des Stromes ausgenutzt werden und doch nur zwei Stromrichter Verwendung finden. Hier sind M und N die Klemmen des Wechselstroms; Pb_1, Al_1 und Pb_2, Al_2 die Stromrichter. Die beiden andern Elektroden Al_1 und Pb_2 sind an die Endplatten B und D der Akkumulatorenbatterie angeschlossen. Die zweite Klemmschraube N steht mit dem Punkte C an der Mitte der Ba terie in Verbindung. Es ist leicht einzusehen, dass der Strom bald durch die rechte Hälfte der Batterie, bald durch die linke gehen wird, wie es die Pfeile in der Figur andeuten. Der Regulierwiderstand R ist an die Punkte B und D angeschlossen. Bei dieser Anordnung kann zwischen B und D eine recht bedeutende Potentialdifferenz herrschen. Hat der Wechselstrom an den Klemmen M und N eine Spannung von 100 Volt, so kann man zwischen B und D eine konstante Potentialdifferenz von mehr als 120 Volt erhalten.

Benutzt man einen besonderen Transformator oder eine Widerstandsspirale, so kann man sich eine Anordnung schaffen, bei welcher mit Erfolg beide Stromrichtungen ausgenutzt werden. Dieselbe ist in Fig. 4 dargestellt, hier sind M und N die Klemmen für den Wechselstrom, S_1 und S_2 zwei hintereinander geschaltete Wicklungen ein und derselben Spirale. Die Punkte D und F sind mit zwei Aluminiumelektroden A_1 und A_2 verbunden, welche sich innerhalb der gemeinsamen Bleielektrode B befinden. Der Regulierwiderstand R wird zwischen B und C eingeschaltet. Da bei dieser Verbindungsweise der Potentialunterschied zwischen A_1 und A_2 recht beträchtlich ist (es ist derselbe wie zwischen D und F), so wird anfangs ein aus einer oder zwei Glühlampen bestehender Widerstand W eingeschaltet. Er dient dazu, den Wechselstrom zu schwächen, welcher gleich nach Schliessung des Stromes durch die Leitung $D\ W\ A_1\ A_2\ F$ hindurchgeht. Ist die Kette CB geöffnet, so kann man aus dem schnellen Verlöschen der Glühlampen W schliessen, dass sich die Aluminiumelektroden bereits mit der oben erwähnten isolierenden Hülle bedeckt haben, welche die wirksame Oberfläche verkleinert, so dass der Wechselstrom in der Leitung $D\ W A_1\ A_2\ F$ unterbrochen ist. Mittels des Umschalters Z schaltet man jetzt den Lampenwiderstand W aus. Es ist übrigens zu bemerken, dass ein vorläufiges Einschalten eines Lampenwiderstandes nur dann erwünscht und nützlich ist, wenn man ganz neue oder lange nicht benutzte Elektroden vor sich hat. Sind die Elektroden jedoch noch vor kurzem in Wirksamkeit gewesen, so ist das anfängliche Vorschalten von W nicht notwendig.

Die Richtung des kommutierten Stromes ist in Fig. 4 durch einen Pfeil angedeutet. Statt

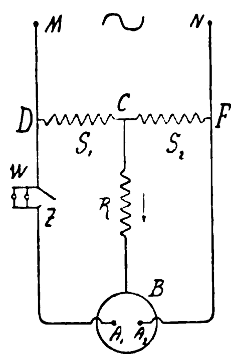


Fig. 4.

zweier Wicklungen der Widerstandsspirale kann man auch zwei hintereinander geschaltete Wicklungen der Sekundärspule eines Transformators verwenden, dessen Primärspule mit den Klemmen M und N verbunden ist. Bei der in Fig. 4 dargestellten Anordnung geht der Strom während einer halben Periode auf dem Wege $M\ D\ S_1\ C\ R\ B\ A_2\ F\ N$, während der folgenden halben Periode auf dem Wege $N F S_2\ C R B A_1\ D M$. In beiden Fällen geht der Strom zwischen C und B in derselben Richtung hindurch. In Fig 5 ist die Form einer Stromkurve dargestellt, wie sie erhalten wird, wenn unter den obigen Verhältnissen zwischen B und C keine Selbstinduktion vorhanden ist. Führt man eine

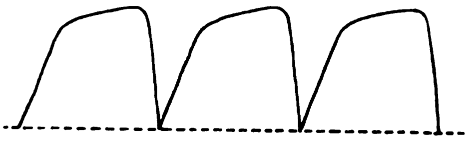


Fig. 5.



Fig. 6.

solche in die Leitung BC ein, so tritt in derselben ein pulsierender Gleichstrom auf, der niemals bis auf Null herabsinkt. Die Kurve eines derartigen Stromes ist in Fig. 6 dargestellt. Ist die in die Leitung BC eingeführte Selbstinduktion eine genügend grosse, so kann man einen Strom erhalten, der sich, wie aus der Form seiner Kurve hervorgeht, dem Gleichstrom beliebig stark nähert.

Im Falle eines Dreiphasenstromes kann man alle drei kommutierten Ströme kombinieren und auf diese Weise einen Strom erhalten, welcher dem Gleichstrom sehr nahe kommt. Für diesen Zweck ist die in Fig. 7 abgebildete Anordnung dienlich. Hier sind X, Y, Z — die Polklemmen des Dreiphasenstroms, K_1, K_2 und K_3 — die einzelnen Widerstandsspulen, A_1, A_2, A_3 — drei Aluminiumelektroden, welche sich innerhalb der gemeinsamen cylindrischen

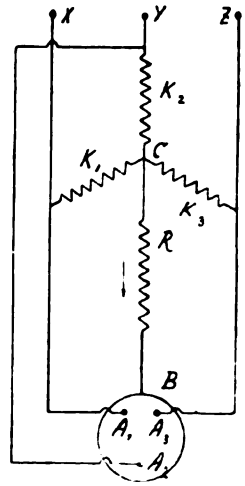


Fig. 7.

Bleielektrode B befinden. Der Widerstand R wird zwischen C und B eingeschaltet; der entstehende konstante Strom nimmt die Richtung, welche durch den Pfeil angedeutet ist.

(Aus dem Russischen übersetzt von H. Pflaum.)

(Eingegangen 4. September 1901.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Über den Zusammenhang zwischen Berührungselektrizität und Oberflächenspannung (nach den Arbeiten von H. A. Hesehus, St. Petersburg).[1]

Von H. Pflaum.

Ursache der Elektrisierung. Alle verschiedenen Elektrizitätsquellen können im Grunde auf eine Hauptquelle zurückgeführt werden; es ist dies — die Berührung von verschiedenartigen Körpern untereinander. Die Ursache für die Elektrisierung kann in diesem allgemeinen Falle darin gesucht werden, dass der frühere Gleichgewichtszustand, welcher zwischen den sich berührenden Körpern und dem sie umgebenden Medium bestand, gestört wird. Man hat hierbei vorauszusetzen, dass es für jeden Körper eine besondere Bedingung giebt, welche für das elektrische Gleichgewicht seines inneren neutralen Ätherzustandes und des Ätherzustandes im umgebenden Medium gilt. Werden zwei Körper miteinander zur Berührung gebracht, so werden ihre inneren Zustände hierbei gewissermassen zum Teil ausgeglichen, es wird mithin ihr früheres Gleichgewicht mit dem Medium gestört. Infolgedessen zeigt der eine von diesen Körpern eine positive Elektrisierung, der andere eine der Grösse nach gleiche negative Elektrisierung. Aus der obigen Hypothese geht direkt hervor, dass die „elektrische Differenz" nach erfolgter Berührung oder Reibung um so grösser sein muss, je mehr die inneren Zustände der Körper in Bezug auf dasselbe Medium voneinander verschieden sind. Da der Ätherzustand im Innern eines Körpers im Verhältnisse zu demjenigen des umgebenden Mediums (der Luft) sich beispielsweise durch das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeiten verraten kann, so kann man annehmen, dass die Grösse der elektrischen Differenz sich in direkter Beziehung zur Differenz der Brechungsquotienten der sich berührenden Körper befindet. Je grösser dieser Unterschied ist, um so grösser müsste die bei der Berührung auftretende Potentialdifferenz sein.

1) Journ. der Russ. Physik.-Chem. Gesellschaft und Nachrichten des Technolog. Instituts.

Der Zusammenhang zwischen dem Ätherzustande im Körper und Medium kann sich auch u. a. in der Grösse der Oberflächenspannung des Körpers äussern. Auf diesen Punkt möge im folgenden etwas näher eingegangen werden.

Einfluss der Brechbarkeit und der Dielektrizitätskonstanten. In seiner sehr interessanten Abhandlung „Über ein Gesetz der Elektrizitätserregung" (Wied. Ann. **64**, S. 217—232, 1898), gelangt A. Coehn zu dem Schlusse, dass Körper mit grosser Dielektrizitätskonstante bei Berührung mit Körpern, deren Dielektrizitätskonstante kleiner ist, positiv elektrisch werden. Hiernach wird unsere Annahme über die allgemeine Ursache der Elektrisierung und über den Einfluss des Brechungsquotienten oder der für den Körper geltenden Lichtgeschwindigkeit auf die Berührungsdifferenz durch das von Coehn für schlechte Elektrizitätsleiter oder Dielektrika gefundene Gesetz bestätigt. Da das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeiten im Medium (dem Äther) und Körper gleich dem Brechungsquotienten n ist, die Dielektrizitätskonstante k aber nach Maxwell gleich dem Quadrate des Grenzwertes für den Brechungsquotienten, d. h. $k = n^2$, so kann das von Coehn gefundene Gesetz auch in folgender Form ausgesprochen werden: Körper mit grossem Grenzwerte des Brechungsquotienten (oder kleiner Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ätherschwingungen) werden positiv elektrisch bei Berührung mit Körpern, für welche jener Grenzwert kleiner (die Lichtgeschwindigkeit also grösser) ist.

Einfluss der Oberflächenspannung. Aus unserer Annahme über die Ursache der Elektrisierung lässt sich, wie erwähnt, auch ein bestimmter Einfluss der Oberflächenspannung der Körper auf die bei ihrer Berührung auftretende elektrische Differenz folgern. Auch diese Folgerung findet im allgemeinen eine Bestätigung. Wählt man aus der von Coehn (loc. cit.) gegebenen Zusammenstellung einige Flüssigkeiten mit recht verschiedenen Dielektrizitätskonstanten k aus, so erhält man folgende Übersicht, in welcher α den Koeffizienten der Oberflächenspannung, $a^2 = 2\alpha:\delta$ die spezifische Kohäsion (für etwa 20°, δ ist die Dichte) bedeutet:

	k	α	a^2
1. Wasser	81	7,5	15
2. Glyzerin	56	7,2	11,4
17. Anilin	7,22	4,6	8,87
22. Chloroform	5,02	2,7	3,8
23. Äthyläther	4,25	1,8	5
26. Schwefelkohlenstoff .	2,63	3,27	5,2
30. Terpentinöl	2,23	2,9	6,6

Aus dieser Tabelle kann man schliessen, dass Körpern mit grösserer Dielektrizitätskonstanten auch im allgemeinen grössere Kapillaritätskonstanten entsprechen.

D. Mendelejew („Gornij journal," 1860) hat bereits auf den Zusammenhang zwischen der spezifischen Kohäsion ($a^2 = 2\alpha:\delta$) bei der Siedetemperatur (t^0) und der Siedewärme (λ) der Flüssigkeiten hingewiesen. Er hatte beispielsweise zur Bestätigung dieses Zuammenhanges folgende Tabelle angegeben:

	t^0	$a^2 = 2\alpha:\delta$ bei t^0	λ
1. Wasser	100	12,5	537
4. Methylalkohol . .	66	5,32	264
5. Äthylalkohol . . .	78	5,12	209
10. Amylalkohol . . .	131	4,6	121
18. Äthylessig	74	4,51	106
23. Äthyläther . . .	35	4,37	91
Jodäthyl	70	2,46	47

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass man, falls die Kapillaritätskonstanten unbekannt oder zweifelhaft sind, man sich über ihren relativen Wert ein ungefähres Urteil aus ihrer Siedewärme bilden kann. (Die Kapillaritätskonstante und Siedewärme ändern sich in demselben Sinne, bei Temperaturzunahme nehmen beide ab und werden bei der absoluten Siedetemperatur gleich Null.) Die Numerierung bezieht sich auf die Coehnsche Tabelle, in welcher die Flüssigkeiten nach abnehmender Dielektrizitätskonstante geordnet sind.

E. Obach hat (Phil. Mag. 1891 u. Beibl. 1891) einen Zusammenhang zwischen der Grösse der Dielektrizitätskonstanten und der Siedewärme einiger Flüssigkeiten beobachtet. Ein weiteres Kriterium für die Regelmässigkeit der einen oder anderen Flüssigkeitsreihe können die Werte der Wärmeausdehnungskoeffizienten abgeben. Führt man in der Coehnschen Reihe die mittleren Ausdehnungskoeffizienten (oder die auf 20° bezogenen) ein, so sieht man, dass dieselben im allgemeinen gegen das Ende der Reihe hin, welcher die kleinsten Dielektrizitätskonstanten entsprechen, zunehmen.

Für den in Betracht kommenden Einfluss der Oberflächenspannung kann auch noch die fast gleiche Abhängigkeit der dielektrischen und kapillaren Konstanten von der Temperatur angeführt werden. Bei Zunahme der Temperatur nehmen beide genannten Grössen entsprechend der Formel $x = x_0\ (1 - \gamma\ t)$ ab, wobei der Temperaturkoeffizient γ in beiden Fällen von derselben Ordnung ist, beispielsweise von derselben wie der Wärmeausdehnungskoeffizient.

Wenden wir uns jetzt den festen Körpern zu. Die Koeffizienten der Oberflächenspannung sind für einige von ihnen bei der Schmelztemperatur bekannt. Eine völlige Übereinstimmung der Resultate könnte man in diesem Falle noch weniger erwarten, dennoch aber tritt eine ge-

wisse Gesetzmässigkeit auch hier ziemlich deutlich hervor. Zieht man die Grösse der Oberflächenspannung in Betracht, so kann man es erklären, weshalb poliertes Glas beim Reiben gegen Wolle oder Leder elektropositiv, mattes Glas dagegen unter denselben Bedingungen elektronegativ wird. Es ist nämlich die Oberflächenspannung des polierten Glases grösser als diejenige des matten. Dass dem so ist, lässt sich u. a. dadurch zeigen, dass eine polierte Glasplatte, auf welcher man einen schwachen Riss erzeugt, unter der Last eines Gewichtes zerbricht, welches sie vorher leicht zu tragen vermochte.

In derselben Weise lassen sich auch u. a. folgende bemerkenswerte Erscheinungen deuten: 1. Drückt man ein Korkstück gegen Metalle, Bernstein oder Guttapercha, so wird dasselbe elektropositiv; 2. drückt man ein Metallstück gegen Wachs, so wird es elektronegativ, beim Reiben gegen Wachs dagegen elektropositiv. Da beim Andrücken von Kork oder Wachs sich diese Körper nicht in die Breite ausdehnen, so kann sich die Oberflächenspannung auf ihren Endflächen vergrössern, während bei Reibung ihre Oberflächenschicht infolge der geringeren Wärmeleitungsfähigkeit sich stärker erwärmt, als diejenige des Metalles, in welchen sich die Wärme über die ganze Masse ausbreitet. Die Oberflächenspannung von Kork und Wachs muss sich daher beim Reiben vermindern, infolgedessen die genannten Substanzen in Bezug auf das Metall elektronegativ werden können, während sie vorher beim blossen Dagegendrücken elektropositiv wurden. Etwas Ähnliches tritt auch beim Reiben von Glas gegen Tuchwolle auf; bei schwachem Reiben wird das Glas (wie dies Heintz beobachtet hat) bisweilen elektronegativ, bei starkem Reiben elektropositiv. Erklären kann man sich diese Thatsache dadurch, dass sich im zweiten Falle wegen der Erwärmung die Oberflächenspannung der Wolle stärker verringert, als diejenige des Glases.

Endlich nimmt Glas, welches eine grosse Dielektrizitätskonstante ($k = 6$) und grosse Kapillaritätskonstanten ($a^2 = 17,2$ und $\alpha = 23$) hat, bei Berührung mit anderen Körpern überhaupt positive Elektrisierung an, Schwefel dagegen, für welchen alle diese Konstanten klein sind ($k = 3$, $a^2 = 4,3$, $\alpha = 4,3$), wird fast immer elektronegativ. Wachs, dessen Dielektrizitätskonstante klein ist ($k = 2$), sowie Paraffin ($k = 2$) haben auch kleine und zwar gleiche Kapillaritätskonstanten ($a^2 = 8,6$, $\alpha = 4,1$). Diese Beispiele dürften wohl genügen, um von der zweifellosen Existenz eines Zusammenhanges zwischen der Berührungselektrizität einerseits und der Oberflächenspannung andererseits zu überzeugen; es möge aber doch noch auf eine weitere Beziehung hingewiesen werden, die zwischen den in Rede stehenden Erscheinungen besteht.

In der Arbeit: „Die elastische Nachwirkung und andere derselben ähnliche physikalische Erscheinungen" (Journ. d. russ. phys. chem. Ges. 1882) hatte Hesehus bei Zusammenstellung der Werte für die restierenden elastischen Eigenschaften der Körper u. a. mit dem Wärmeausdehnungskoeffizienten eine direkte Beziehung zwischen denselben gefunden. Dem grösseren Ausdehnungskoeffizienten entspricht im allgemeinen auch eine grössere elastische Nachwirkung des Körpers (einerseits Glas — andererseits Kautschuk). In vorliegendem Aufsatz war die Existenz eines Zusammenhanges zwischen dem Ausdehnungskoeffizienten und der Elektrisierung der dielektrischen Körper, ihrer Dielektrizitätskonstanten und Oberflächenspannung gefunden worden; es muss daher auch ein Zusammenhang dieser Grössen mit der elastischen Nachwirkung existieren. Diese Annahme wird durch folgenden Satz bekräftigt, welchen Hesehus in seiner citierten Arbeit (1882) auf Grund der Versuche mit Kautschuk und der Zusammenstellung verschiedener Körpereigenschaften ausgesprochen hat: „Ausser der inneren Reibung oder der molekularen Beweglichkeit muss noch eine andere gleichzeitige Ursache für die elastische Nachwirkung vorhanden sein. Diese weitere Ursache, welche bisweilen überwiegt, muss zweifellos in der Wechselwirkung des inneren Körperzustandes mit dem umgebenden Medium (dem Äther) bestehen, wie hierauf insbesondere der enge Zusammenhang zwischen der elastischen und elektrischen Nachwirkung hinweist". Dieser vermutete Einfluss des umgebenden Mediums auf die elastische Nachwirkung ist später für einige Metalle durch die Herren P. Bachmetjew und P. Baskow in Sofia bestätigt worden (cf. Journ. d. russ. phys. chem. Ges. 1896).

Bemerkenswert ist es, dass die Metalle sich in der Voltaschen Reihe nach abnehmenden Ausdehnungskoeffizienten und fast in derselben Reihenfolge anordnen, wie in der Reihe, wo sie nach der Grösse ihrer elastischen Nachwirkung oder ihrer inneren Reibung geordnet sind; am Anfange steht + Blei, am Ende Platina —.

Dielektrizitätskonstanten und Oberflächenspannungen von Gemischen aus Äther mit Chloroform und Alkohol mit Wasser. J. C. Philip (Z. f. phys. Chem. 1879) und W. D. Coolidge (Wied. Ann. 69, 146, 1899) haben auf Grund ihrer Versuche gefunden, dass ein Gemisch aus Äther und Chloroform eine grössere Dielektrizitätskonstante hat, als jede der Flüssigkeiten selbst. So hat z. B. Coolidge u. a. folgende Resultate erhalten:

Prozentgehalt an Äther	100	56.3	26.4	9.9	0	Proz.
Dielektrizitätskonstante	4.4	5.8	6.3	5.7	5	»

Dem Maximum von k entsprechen dabei 32 Proz. Äther in der Mischung.

Nach den vorhergehenden Betrachtungen könnte man erwarten, dass ein Zusammenhang zwischen Berührungselektrizität und Oberflächenspannung auch im vorliegenden Spezialfall sich finden liesse; freilich dürfte man so schroffe Änderungen, wie sie k erfährt, für die Oberflächenspannung überhaupt nicht erwarten, da sich letztere in engeren Grenzen ändert. (Es ist für Wasser $\alpha = 8$, $k = 80$, für Terpentin $\alpha = 3$, $k = 2$). Die nähere Untersuchung der Frage hat in der That die ausgesprochene Erwartung bestätigt. Für die Oberflächenspannungen von Gemischen aus verschiedenen Flüssigkeiten liegt eine Arbeit von Rodenbeck vor (Beibl. 1880, 104), in welcher auch Daten für die genannte Mischung aus Äther und Chloroform gegeben sind. Zieht man eine Gerade durch die äussersten Punkte hindurch, welche den Werten der Oberflächenspannung der reinen Flüssigkeiten entsprechen, so erscheint die Änderung der Oberflächenspannung für die Gemische als krumme Linie, welche unterhalb jener Geraden verläuft, wahrscheinlich weil die weniger dichte und leichter flüchtige Flüssigkeit einen grösseren Einfluss auf die Oberflächenschicht ausübt; in der Mitte dieser krummen Linie, bei etwa 40 Proz. und zwar zwischen 30 und 50 Proz., erscheint jedoch eine Erhebung.

A. Georgiewski hat die erwähnten Versuche wiederholt, seine Resultate stimmen im allgemeinen mit denen von Rodenbeck überein und dadurch wird die Vermutung bestätigt, dass die erwähnte Ausbuchtung in der Spannungskurve, wie sie sich aus der Arbeit von Rodenbeck ergiebt, nicht etwa das Resultat eines Zufalls ist. Die grösste Erhebung der Kurve und die grösste Verdichtung des Gemisches entspricht etwa 60 Proz. Äther (bei Rodenbeck 40 Proz.), während, wie erwähnt, das Maximum der Dielektrizitätskonstanten auf etwa 32 Proz. Äther fällt. Eine vollständige Koinzidenz darf, wie vorherzusehen war, nicht erwartet werden, sowohl wegen der unvollkommenen Mischung und dem beträchtlichen Dichtenunterschiede, als auch wegen der Verdunstungsgeschwindigkeit beider Flüssigkeiten.

Um jeden Zweifel an der Richtigkeit dieser Schlüsse zu bannen, hat Hesehus auch die umgekehrte Probe für eine andere Mischung angestellt. In einer Untersuchung über die Oberflächenspannung von Spiritus hatte Georgiewski darauf aufmerksam gemacht, dass in den Kurven, welche auf Grund seiner und der Versuche von Rodenbeck erhalten worden waren, eine kleine nach oben gehende Ausbuchtung bei 45 bis 55 Proz. Spiritusgehalt auftritt. Verhält sich dies wirklich so, dann dürfte man auch eine Erhöhung der Dielektrizitätskonstanten für die gleiche Konzentration, also etwa 50 Proz. Spiritus erwarten und müsste dieselbe noch stärker ausgesprochen sein. Bemerkt sei zunächst, dass Mendelejew („Mischung von Alkohol mit Wasser" [russ.] 1865) für diesen Fall die stärkste Verdichtung des Gemisches erhalten hat. — In einer Arbeit von S. Tereschin über die Dielektrizitätskonstanten einiger organischer Flüssigkeiten (Wied. Ann. 36, 801, 1889) finden sich die Daten, welche zur Beantwortung unserer Frage dienen. Diese Daten sind in der folgenden Tabelle enthalten, deren erste Kolumne den Prozentgehalt an Spiritus nach dem Volumen ($100\,v_0$) angiebt; in der zweiten Kolumne ist der beobachtete Wert der Dielektrizitätskonstanten k, in der dritten der nach der Formel $k' = v_w k_w + v_a k_a$ berechnete Wert derselben, in der vierten die Differenz $\Delta k = k - k'$, in der fünften die Mittelwerte dieser Differenzen aus je drei ihrer Nachbarwerte aufgeführt, nämlich $\delta k_n = \frac{1}{3}(\Delta k_{n-1} + \Delta k_n + \Delta k_{n+1})$, um die zufälligen Fehler möglichst zu eliminieren und eine richtigere Vorstellung vom Gange der Änderung zu geben:

$100\,V_a$	k (beob.)	k' (ber.)	Δk	δk
0	83,8	—	—	—
10,2	77,5	77,9	— 0,4	— 0,1
29,9	66,9	66,8	+ 0,1	+ 0,8
39,7	64,0	61,2	+ 2,8	+ 1,3
49,6	56,7	55,6	+ 1,1	+ 1,2
56,3	51,6	51,8	— 0,2	+ 2,0
69,5	49,6	44,4	+ 5,2	+ 1,8
80,0	38,2	38,4	— 0,2	+ 1,2
82,2	35,8	37,1	— 1,3	— 0,4
86,7	34,7	34,5	+ 0,2	— 0,4
92,6	31,2	31,2	0	0
100	—	25,8	—	—

Man sieht aus der letzten Kolumne, dass die beobachteten Werte der Dielektrizitätskonstanten für mittlere Konzentrationsgrade, wie zu erwarten war, die ihnen entsprechenden Werte übertreffen; in der graphischen Darstellung würde der Änderungsgang der letzteren durch eine Gerade wiedergegeben werden, derjenige der beobachteten Werte von k durch eine Kurve, welche an den äussersten Punkten sich hinsichtlich jener Geraden ein wenig senkt, in der Mitte aber sich beträchtlich hebt und über die Gerade hinausgeht. Die grösste Erhebung entspricht etwa 56 Proz. Spiritusgehalt.

Somit wurde eine vollkommene Bestätigung für die Parallelität in der Änderung der Dielektrizitätskonstanten und des Koeffizienten der Oberflächenspannung für Gemische aus Äther und Chloroform, sowie aus Alkohol und Wasser erhalten.

Die Prüfung der allgemeinen Schlüsse, welche zu Anfang dieses Aufsatzes gemacht wurden,

scheint gerade für die beiden erwähnten Gemische von Wert, da für diese manche Unregelmässigkeiten im Gange von k und α auftreten. Die absoluten Werte von α fallen für Äther und Spiritus zu klein aus. Einige Ursachen für die unvollkommene Koinzidenz der zu vergleichenden Grössen sind bereits vorhin erwähnt worden; Georgiewski ist aus seinen Versuchen zu dem Schlusse gelangt, dass ein Gemisch aus Spiritus und Wasser hinsichtlich seiner Oberflächenkohäsion sich dem Spiritus mehr nähert als dem Wasser.

Eine ähnliche Bemerkung gilt auch für andere Gemische aus Äther und Chloroform u. s. w. wie sich aus den Versuchen von Rodenbeck zeigt. Da nun die Versuche überhaupt nicht mit absolut reinen Flüssigkeiten ausgeführt worden sind, sondern mit Mischungen, so musste der Wert der Oberflächenspannung (α) der leichteren und flüchtigeren Flüssigkeit entsprechen und wurde kleiner gefunden, als er sich bei vollkommener Mischung ergeben hätte; die Dielektrizitätskonstante (k) dagegen ergab sich zu gross, da auf dieselbe die beigemengte Flüssigkeit, etwa das Wasser in hohem Grade einwirken musste, welches eine sehr grosse Dielektrizitätskonstante hat.

Somit erklärt sich die Nichtübereinstimmung in einigen besonderen Fällen vollkommen befriedigend und die Vermutung über die Ursachen für den Zusammenhang zwischen der Elektrisierung beim Kontakt und der Oberflächenspannung scheint noch eine weitere Bestätigung gefunden zu haben.

(Eingegangen 4. September 1901.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Professor Dr. **Th. Des Coudres.**

Der Rowlandsche Typendruck-Telegraph.

(Schluss.)

Die Druckvorrichtung und Papierbewegung.

Um nun die Niederschrift nicht auf einem endlosen Papierband, sondern zeilenweise angeordnet, wie bei einer Schreibmaschine, zu erhalten, ist es erforderlich, für die verschiedenen Bewegungen weitere Elektromagnete anzuordnen. Zu diesem Zwecke erhält der Kombinator eine dritte Reihe von Kontaktringen, die von der Bürste n^3 bestrichen wird (vgl. Fig. 8). Letztere sitzt mit n^1 und n^2 auf der gleichen Achse.

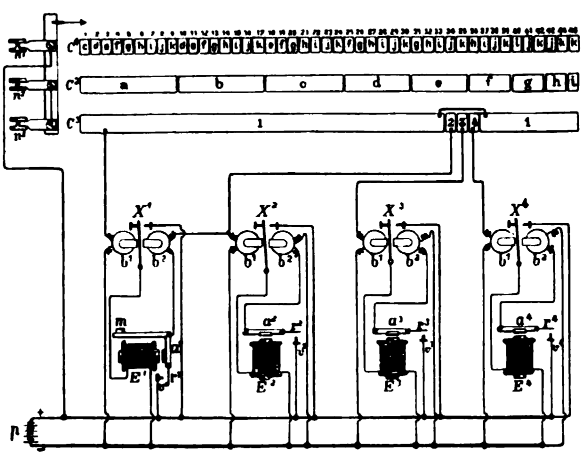


Fig. 8

Der dritte Kontaktring C^3 bezweckt die Bürste n^2 periodisch mit einer der Wicklungen b^1 der vier polarisierten Lokalrelais X^1, X^2, X^3 und X^4 in Verbindung zu setzen und zwar in dem Moment, wo die mit n^2 metallisch verbundene Bürste n^3 die Kontakte C_3 passiert.

Die zweite Spule b^2 eines jeden dieser Lokal-Relais bildet einen von dem der ersten vollständig getrennten Stromkreis. Sie bewirkt beim Stromdurchgang die Zurückführung des Relaisankers in seine Ruhelage. Die 4 Lokal-Relais bethätigen durch einen Lokalstrom, den sie auslösen, die vier Elektromagneten E^1, E^2, E^3 und E^4.

Der erste Elektromagnet E^1 trägt den Druckhammer m, der den Typendruck bewirkt (Fig. 9).

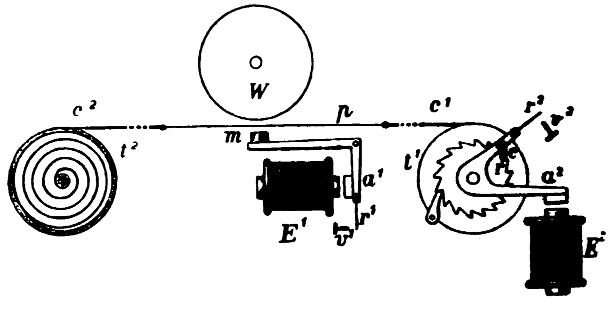


Fig. 9.

Der zweite Elektromagnet dient zum Spatiieren nach jedem Zeichendruck.

Sein Anker a^2 (vgl. Fig. 9) trägt den Sperrhaken c, der in das Sperrrad r eingreift und so die Trommel t^1 dreht. Letztere ist mittels

des Kettchens c^1 mit einem kleinen Wagen verbunden, der das breite Papierband trägt. Auf der anderen Seite des Papierwagens befindet sich eine zweite Kette c^2, die sich auf die mittels Feder gespannte Trommel z^2 aufzuwickeln sucht.

Sobald nun eine Zeile beendet ist, tritt der Elektromagnet E^3 in Thätigkeit.

Durch die Anziehung seines Ankers a^3 wird die Sperrklinke, welche r mit t^1 verbindet, gelöst, der Papierwagen bewegt sich unter Wirkung der Federtrommel t^2 nach links. Die Richtung von rechts nach links wird dadurch bedingt, dass das Typenrad die Typen verkehrt druckt.

Zur Regelung des Zeilenabstandes dient der Elektromagnet E^4, welcher mittels Sperrrad und Sperrklinke auf einen Cylinder einwirkt, um den das Papier auf dem Papierwagen geführt ist und so dasselbe in der Längsrichtung dem Zeilenabstand entsprechend vorschiebt.

Nach jeder Bethätigung der vier Elektromagnete E^1, E^2, E^3, E^4 fliesst ein Lokalstrom durch die Umwindungen b^2 der zugehörigen Lokal-Relais, der die Anker derselben in die Ruhestellung zurückführt und den Strom durch die Elektromagneten unterbricht, welche letztere nun ebenfalls ihre Anker loslassen.

Der Empfänger arbeitet nach dem Gesagten also in folgender Weise.

Jedes Signal bewirkt eine Umlegung der Anker zweier nicht aufeinanderfolgender Kombinator-Relais in ihre Arbeitsstellung.

In dem Augenblick, wo die Bürsten n^1 und n^2 gleichzeitig die beiden mit diesen Arbeitskontakten verbundenen Kontakte erreichen, wird der Lokalstromkreis über dasjenige der Lokal-Relais $X^1 \ldots X^4$ geschlossen, dessen zugehöriger Kontakt der Reihe C^3 gerade von der Bürste n^3 berührt wird.

Nehmen wir z. B. an, das empfangene Zeichen sei durch die Umlegung der Anker des Kombinator-Relais R^3 und R^7 (Fig. 6 u. 7) charakterisiert.

Die mit c und g bezeichneten Arbeitskontakte (Fig. 7) stehen mit allen gleichnamigen Kontakten der Kontaktringe C^1 und C^2 in leitender Verbindung.

Wie aus Fig. 8 ersichtlich, wird der Strom der Lokalbatterie p über b^1 des ersten Lokal-Relais X_1 geschlossen, wenn die Bürsten n^1 und n^2 den 20. Kombinator-Kontakt passieren. Der Lokalstrom fliesst von dem positiven Batteriepol über Bürste n^1, Kontakt g des ersten Kontaktringes (20. Kombinator-Kontakt) über den Arbeitskontakt g des Kombinator-Relais R^7 (vgl. Fig. 7), über den Anker desselben, durch den Anker des Kombinator-Relais R^3, über den Arbeitskontakt c desselben zum Kontakt c der Kontaktreihe C^2; von dort über Bürste n^2 und Bürste n^3, Kontakt 1 der Kontaktreihe C^3 durch die Umwindungen b^1 des Lokal-Relais X^1 (Fig. 8) zum negativen Batteriepol zurück.

Der Anker des Lokal-Relais X^1 wird umgelegt und ein Lokalstrom bethätigt nun den Druckelektromagneten E^1.

Dadurch wird der Typendruck bewirkt, gleichzeitig aber auch der Kontakt v^1, r^1 (vgl. Fig. 8 und 9) geschlossen. Hierdurch fliesst ein Lokalstrom durch die Windungen b^2 des Lokal-Relais X^1 und gleichzeitig durch die Windungen b^1 des zweiten Lokal-Relais X^2.

Dieser Lokalstrom bewirkt so die Zurückführung des Ankers des ersten Lokal-Relais X^1 in seine Ruhelage und die Loslassung des Ankers a^1, sowie die Umlegung des Ankers des zweiten Lokal-Relais X^2, wodurch nun der Spatiierelektromagnet E^2 bethätigt wird. Durch den dabei bewirkten Stromschluss zwischen den Kontakten r^2, v^2 kommt wieder ein Strom durch die Windungen b^2 des zweiten Lokal-Relais X^2 zu stande, welcher den Anker desselben sowie dadurch den Anker a^2 des Spatiierelektromagneten in die Ruhelage zurückbringt.

Soll nur eine Papierverschiebung ohne gleichzeitigen Druck eines Buchstabens, also etwa bei der Trennung zweier Worte u. s. w., vorgenommen werden, so werden die Kombinator-Relais R^5 und R^{10} beeinflusst und beim Passieren der Bürste über den 34. Kombinator-Kontakt wird das zweite Lokal-Relais X^2 und damit der Spatiierelektromagnet E^2 bethätigt.

Ebenso werden die beiden anderen Verschiebungen durch Stromschluss der Lokal-Relais X^3 und X^4 beim Passieren der Bürsten n^1 und n^2 über den 35. resp. 36. Kombinator-Kontakt hervorgerufen (vgl. Fig. 8), entsprechend der Bethätigung der Kombinator-Relais R^5 und R^{11} resp. R^6 und R^8.

Obwohl der Typendruck in einem sehr kurzen Moment erfolgt, ist es doch nötig, das Typenrad während des Druckes anzuhalten, damit die Buchstaben klar und deutlich lesbar sind. Aus diesem Grunde ist das Typenrad mit seiner Achse elastisch gekuppelt.

Durch diese sinnreiche Anordnung wird gleichzeitig eine Geschwindigkeitsänderung der Achse der Kombinatorbürsten und des Typenrades verhindert, welche dann auftreten könnte, wenn mehrere Empfänger gleichzeitig drucken würden.

Der Synchronismus der Empfangsapparate.

Die vier Empfänger werden von einer einzigen Welle bethätigt, die durch einen Gleichstromelektromotor angetrieben wird. Diese Welle ist in der Verlängerung der Achse des

Verteilers angeordnet, von dieser aber in mechanischer Hinsicht völlig unabhängig.

Es ist unbedingt erforderlich, dass die Kombinatorbürsten und die Typenräder die gleiche Umdrehungszahl wie die Verteilerarme besitzen. Dies ist in folgender Weise erreicht worden.

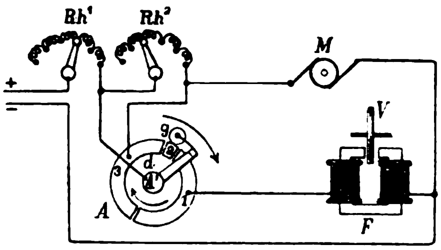


Fig. 10.

In dem Stromkreis des Motors *M* (vgl. Fig. 10), welcher die Empfangswelle A^1 treibt, sind die Rheostaten Rh^1 und Rh^2 eingeschaltet, die derart eingestellt werden, dass die Achse A^1 mit der Verteilerachse *A* nahezu gleiche Geschwindigkeit besitzt.

Letztere endet in der isolierenden Scheibe *d* mit den drei Metallsegmenten 1, 2 und 3 (vgl. Fig. 11)

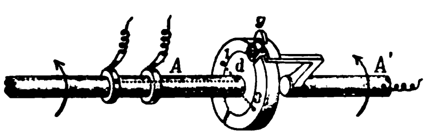


Fig. 11.

an ihrem Umfang. Die Achse A^1 trägt an einem Hebel das kleine Metallrädchen *g*, welches für gewöhnlich auf dem Kontakt 2 der Scheibe *d* aufliegt und zwar so lange, als die Geschwindigkeit der beiden Achsen *A* und A^1 übereinstimmt.

Sobald die Achse A^1 langsamer läuft, kommt *g* mit Kontakt 3 der Scheibe *d* in Berührung, der Rheostat Rh^2 wird kurz geschlossen und so die Geschwindigkeit des Motors *M* und damit der Achse A^1 vergrössert. Wenn A^1 schneller rotiert als *A*, so wird ein Zweigstrom über Kontakt 1 der Scheibe *d* durch den Elektromagneten *F* abgeleitet. Zwischen den Polen des letzteren rotiert eine auf der Welle des Motors *M* befindliche Kupferscheibe *V*. Sobald der Elektromagnet *F* erregt wird, tritt die elektrische Wirbelstrombremse in Thätigkeit und verlangsamt die Geschwindigkeit der Achse A^1. Infolge dieser Anordnungen bleibt das kleine Kontakträdchen *g* stets auf dem isolierten Kontakt 2 der Scheibe *d* und die Wellen *A* und A^1 laufen mit gleicher Geschwindigkeit.

Die Verteiler-Segmente.

Da jedem Geber eine Gruppe von 11 Verteilerkontakten entspricht, so sind für 4 Geber mindestens 44 Kontakte erforderlich.

Da aber die Auslassung zweier aufeinanderfolgender Wellen unstatthaft ist, muss zwischen jeder Serie von 11 Kontakten ein Trennungskontakt liegen.

Jeder Sektor des Verteilers enthält demgemäss 12 Kontakte.

Offenbar ist es weiter erforderlich, dass die Verteiler-Arme auf der Gebe- und Empfangsstation nicht nur synchron, sondern auch isochron laufen, d. h. zu gleichen Zeiten entsprechende Kontakte bestreichen.

Zu diesem Zwecke wird der Verteilerarm der Empfangsstation nur lose durch Reibung von einer mit der Synchronmotorachse fest verbundenen Metallscheibe mitgenommen. Diese Metallscheibe trägt an ihrem Umfange gleichmässig voneinander abstehende Einschnitte, deren Entfernung 2 Kontaktabständen des Verteilers entspricht.

Die Verbindung des Verteilerarmes und der Zahnscheibe erfolgt durch eine bewegliche Sperrklinke, welche die Fortsetzung des Ankers eines Elektromagneten bildet, der an dem Verteilerarm befestigt ist und sich mit demselben dreht.

Wenn der Anker dieses Korrektions-Elektromagneten in Ruhe ist, wird der Verteilerarm mit der Achse durch die Federkraft des Ankers gekuppelt, wenn der Anker bethätigt wird, findet eine Entkuppelung statt; die Scheibe dreht sich weiter, ohne den Verteilerarm mitzunehmen.

Wenn nach einer kurzen Anziehung der Anker wieder in seine Ruhelage zurückkehrt, fällt die Sperrklinke auf den Teil der Scheibe, welcher zwei Einkerbungen trennt; sie gleitet auf diesem bis sie in eine neue Einkerbung eingreift. Dadurch ist der Verteilerarm um 2 Teile in Bezug auf die Scheibe mit den Einkerbungen verschoben worden.

Infolge der Benutzung von Wechselstrom ist, wenn die Verteilerarme synchron laufen, nur eine Verschiebung um eine gradzahlige Anzahl von Kontaktteilen erforderlich.

Der bewegliche Elektromagnet besitzt ein besonderes Relais, das ebenso wie die Kombinator-Relais durch den Anker s^1 des Empfangs-Relais und einen Kontakt des Verteilers D^1 bethätigt wird (vgl. Fig. 6).

Im Gegensatz zu den Kombinator-Relais bleibt aber dieses Korrektions-Relais in Ruhe, falls eine Unterdrückung einer Welle sich in dem Empfangsrelais bemerkbar macht; nur dann wird der Anker an den Arbeitskontakt gelegt, wenn der ungeänderte periodische Strom das Empfangsrelais beeinflusst.

Bei jeder Umdrehung des Verteilers der Sendestation wird nämlich automatisch eine Welle des Wechselstromes unterdrückt. Falls die Arme beider Verteiler nun isochron laufen, so passiert in demselben Moment, wo die Welle unterdrückt wird, die Bürste des Verteilers der Empfangsstation den mit dem Korrektions-Relais verbundenen Kontakt. Der Anker des letzteren und der Korrektionselektromagnet bleiben in Ruhe.

Falls sich aber die Bürste des Verteilers auf der Empfangsstation in dem betreffenden Moment, wo sich die Unterdrückung der Welle vollzieht, nicht auf dem Korrektionskontakt befindet, so wird der Anker des Korrektions-Relais angezogen und der Korrektionselektromagnet ausgelöst, der eine Verschiebung des Verteilerarmes der Empfangsstation um 2 Teile in Bezug auf die Scheibe mit den Einkerbungen bewirkt, wie wir oben gesehen haben.

Bei der nächsten Umdrehung findet ein gleiches statt und so fort, bis endlich beide Verteilerame isochron laufen. Von da an laufen beide synchron weiter und es kann das Telegraphieren beginnen.

Um endlich zu erkennen, wenn die richtige Übereinstimmung eingetreten ist, wird bei jeder Umdrehung des Verteilerarmes des Gebers eine zweite Welle automatisch unterdrückt.

Dieses wirkt auf ein besonderes zweites Relais ein, welches ein Rasselwerk in Thätigkeit setzt und so anzeigt, dass mit dem Telegraphieren begonnen werden kann.

Die beiden diesen Zwecken dienenden besonderen Kontakte des Verteilers der Gebestation, durch welche automatisch bei jeder Umdrehung diese beiden Wellen unterdrückt werden, müssen ebenso wie die einzelnen Sektoren voneinander, sowie von den benachbarten Sektoren durch ein der halben Wellenlänge des Wechselstromes entsprechendes Trennungsintervall getrennt werden, so dass der Verteiler im ganzen 52 Kontakte besitzt.

Die Frequenz des Wechselstromes beträgt 26 Perioden pro Umdrehung des Verteilers, so dass sich bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 210 Touren pro Minute, 91 volle Perioden pro Sekunde ergeben.

Die Leistungsfähigkeit.

Die Leistungsfähigkeit des Rowlandschen Apparates hängt naturgemäss von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Verteilerarme ab.

Beträgt letztere etwa 200—210 pro Minute, so ergiebt sich unter Berücksichtigung, dass in besonders günstigen Fällen sogar 2 Zeichen pro Umdrehung übertragen werden können, eine theoretische Leistungsfähigkeit von 2300 Worten pro Stunde und Geber.

Der Fall, dass zwei Zeichen während einer Umdrehung übermittelt werden können, tritt dann ein, wenn die beiden Zeichen ein gemeinsames Element besitzen und die beiden zu druckenden Zeichen genügend weit auf dem Typenrade entfernt sind, damit alle Operationen des Druckes des ersten Zeichens beendet sind, ehe sich das zweite dem Papier gegenüber befindet.

Allein diese theoretische Leistungsfähigkeit lässt sich infolge des Zeitverlustes durch die Papierverschiebung nicht erreichen, obwohl die Handhabung des Rowlandschen Apparates an Einfachheit die aller anderen ähnlichen bei weitem übertrifft.

Die praktisch höchst erreichbare Telegraphiergeschwindigkeit beträgt für jeden Geber etwa 1800 Worte in der Stunde, total also 7200 Worte, arbeitet der Apparat mit Gegentelegraphieren, so können 14400 Worte pro Stunde übertragen werden. E. Ruhmer.

(Eingegangen 31. Juli 1901.)

BESPRECHUNGEN.

Br. Borchardt, Grundriss der Physik zum Gebrauche für Mediziner. II. Auflage. gr. 8. 184 Seiten mit 60 Figuren. Stuttgart, F. Enke. 1900. M. 3.60.

Das Werk ist als Hilfsmittel zum Repetieren für medizinische Studenten bestimmt. Ist auch infolgedessen der Inhalt etwas knapp bemessen, so bietet das Buch doch eine Fülle von Anregung. Als einen besonderen Vorzug möchten wir hervorheben, dass trotz der kurzen, gedrängten Darstellung stets volle Klarheit vorwaltet, und dass als leitender Gedanke das Energieprinzip überall belebend in den Vordergrund tritt.

Etwas mehr Mathematik hätte der Verfasser aber doch den Studenten der Medizin zumuten können; über die Anfangsgründe der Trigonometrie verfügt am Ende jeder, der das Abiturientenexamen gemacht hat. Dadurch kommt die Optik, speziell z. B. die Behandlung der Linsen und der optischen Instrumente zu dürftig fort. Überhaupt ist hinsichtlich des Stoffes eine gewisse Ungleichheit bemerkbar. Mit viel mehr Berechtigung müsste vom Mediziner eine speziellere Kenntnis des Mikroskopes verlangt werden, als die des Raoultschen Gesetzes. Viel wichtiger ist für ihn eine genauere Bekanntschaft

mit der Fluoreszenz wie etwa mit der Newtonschen Formel für die Schallgeschwindigkeit. — Unbedingt müsste der Arzt die Methoden zur Bestimmung der spezifischen Gewichte eingehender kennen lernen, die im Borchardtschen Buche kaum berührt werden. Erfreulich ist indessen der wissenschaftliche Standpunkt, den das Werk einnimmt, ein Vorzug, der namentlich in der Wärmelehre deutlich hervortritt.

Behrendsen.

Annuaire de l'observatoire municipal de Paris pour 1900. kl. 8⁰. 577 Seiten. Gauthier-Villars, Paris.

Dies kleine und dennoch so inhaltsreiche Werkchen sei hier erwähnt, da das städtische Observatorium zu Montsouris, dessen Jahrespublikation es vorstellt, ein Vorbild auch für unsere städtischen Behörden sein sollte. Die Aufgabe dieses einzigartigen Institutes erhellt aus dem Inhalt des Jahrbuches. Es besitzt danach eine physikalische und eine chemische Abteilung. Erstere befasst sich u. a. mit der geodätischen Lokalvermessung der Stadt, den üblichen und einer grossen Anzahl speziellerer meteorologischer Erscheinungen und den physischen Eigenschaften des Seinewassers. Sind diese Ergebnisse mehr oder weniger lediglich von allgemeinem Interesse, so sind die Untersuchungen der chemischen Abteilung daneben auch von grösstem Werte für die Stadt selbst. Sie umfassen Analysen jener Quellen und Flüsse, denen das Trinkwasser entstammt, ferner des Grundwassers und der Luft (nach den Orten, von woher sie kommt) und Bestimmungen des Gehaltes der Luft und Gewässer an Mikroorganismen. Und zwar werden alle diese Messungen regelmässig nach Art der meteorologischen durchgeführt, im monatlichen Mittel veröffentlicht und in Vergleich gesetzt zu den Ergebnissen der Krankenstatistik. — Für den Physiker bieten die Jahrbücher ein wertvolles Material an regelmässig fortgeführten Beobachtungen sonst seltener beobachteter meteorologischer Elemente wie Sonnenstrahlung, Temperaturvariationen verschiedener Erdbodenarten, Häufigkeit der Halos u. a. m.

A. Nippoldt jun.

(Eingegangen 22. August 1901.)

Dr. Ernst Weinschenk, Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskops. gr. 8. VI u. 123 S. mit 100 Figuren. Freiburg, Herdersche Verlagshandlung. 1901. M. 3.—.

Das Werkchen verfolgt einmal das Ziel, Anfängern eine Anleitung in gedrängter Form zu geben und kann hierfür auf Grund eigener Lektüre und nach dem Urteil eines in diesen Dingen beruflich thätigen Freundes nur empfohlen werden. Zahlreiche und ausgedehnte Einschaltungen in kleinem Druck dienen dem Zwecke, den Haupttext weiter auszuführen und an Beispielen zu erläutern — zum Teil an der Hand der 100 Textfiguren — und enthalten eine Reihe praktischer Winke, welche — und dies ist das andere Ziel — auch dem Erfahrenen durch zuverlässigen Rat in zweifelhaften Fällen sich nützlich erweisen mögen. Die Anlage des Abrisses ist naturgemäss die, dass zunächst Einrichtung, Prüfung und Justierung des Polarisationsmikroskopes im allgemeinen besprochen werden, sodann zu den Beobachtungen im gewöhnlichen Lichte übergegangen wird, an welche sich diejenigen im „parallelen" polarisierten Lichte mit 1 und mit 2 Nikols und die im konvergenten polarisierten Lichte anschliessen; ferner werden noch die Zwillingsbildungen und optischen Anomalien behandelt und den Schluss bildet ein Kapitel über Nebenapparate. Ein paar harmlose Bemerkungen auf rein optischem Gebiete sei mir gestattet anzufügen. Es scheint mir eine Verwechselung des Begriffes „Aplanatismus" mit „Bildebenung" vorzuliegen. Abbe persönlich versteht unter „Aplanatismus" meines Wissens Freiheit von sphärischer Aberration in Verbindung mit Erfüllung der Sinusbedingung. Am besten würde diese unglückliche von jeher missverständliche Bezeichnung meiner Meinung nach gänzlich aus dem optischen Sprachschatz verschwinden. Die Felderung von Surirella gemma ist kein Testobjekt für die „äusserste Leistungsfähigkeit der Immersionsobjektive", sie wird nach meiner Erfahrung bei einzelnen Schalen schon von guten starken Trockensystemen gelöst. Die Prüfungsvorschrift für den Achromatismus scheint mir anfechtbar; man kann nicht einfach Objektive mit einzelnen über- oder unterkorrigierten Linsen vergleichen, die Verhältnisse sind viel verwickelter. Hingegen kann ich nur gutheissen, dass der Verfasser an die Aufdringlichkeit und, am passenden Ort, die Unannehmlichkeit des sekundären Spektrums erinnert, welches einer Beurteilung der wahren Farben von Körnern und dichtkörnigen Membranen (z. B. bei Infusorien) grosse Schwierigkeit bereitet.

Karl Strehl.

(Eingegangen 6. September 1901.)

Personalien.

Der ausserordentliche Professor der Mathematik an der deutschen technischen Hochschule in Prag, Dr. Wilhelm Weiss, hat sich für Mathematik in der philosophischen Fakultät der Prager deutschen Universität habilitiert.

Berichtigungen.

In der Mitteilung von Eichenwald, Über den Rowlandschen Versuch, 2, 703, 1901, muss es heissen: Seite 703, Spalte I, Zeile 18 von oben, sowie in dem Citate unten „Crémieu", statt Crémien.

Zeile 3 von unten „unbeweglichen" statt beweglichen.

In Figur 2 soll das mittlere Nadelsystem mit s_2 n_2, das untere mit n_1 s_1 bezeichnet sein.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.